

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra oděvnictví



Studijní program: N3106 Textilní inženýrství

Studijní obor: Textilní a oděvní technologie

**VLIV FINÁLNÍ ÚPRAVY NA ANIZOTROPII ZOTAVENÍ
BAVLNĚNÝCH TEXTILÍ**

**INFLUENCE OF FINISHING OF ANISOTROPY
RECOVERY ON COTTON FABRIC**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Katarína Zelová

Rozsah práce:

Počet stran: (včetně příloh) 86

Počet obrázků: 32

Počet tabulek: 12

Počet grafů: 2

Počet příloh: 10

Liberec 2013

Bc. JANA ŠEFČÍKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jana Šefčíková**
Osobní číslo: **T11000045**
Studijní program: **N3106 Textilní inženýrství**
Studijní obor: **Textilní a oděvní technologie**
Název tématu: **Vliv finální úpravy na anizotropii zotavení bavlněných textilií**
Zadávající katedra: **Katedra oděvnictví**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Charakterizujte mačkavost textilií a parametry ji ovlivňující. Zpracujte přehled o vlivu finálních úprav (bělení, barvení, potisk) na vlastnosti vláken, přízí a vlastností ovlivňující tvarovou stálost plošných textilií.
2. Proveďte literární rešerši zaměřenou na současné metody hodnocení mačkavosti plošných textilií pomocí metody úhlu zotavení.
3. Experimentálně zhodnoťte vliv vybraných finálních úprav na anizotropii mačkavosti textilií pomocí nové inovované metody měřením úhlu zotavení pomocí web kamery.
4. Zhodnoťte vliv finální úpravy na anizotropii mačkavosti, ohybové a smykové charakteristiky plošných textilií. Na základě získaných výsledků formulujte závěrečné zjištění o vlivu těchto úprav.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: cca 50 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- ZELOVÁ, K., and FRIDRICHOVÁ, L. Studie ohybové tuhosti a mačkovosti plošných textilií, Liberec, TUL, Workshop pro doktorandy 2011. ISBN 978-80-7372-765-9.
- FRIDRICHOVÁ, L., and ZELOVÁ, K. Objective evaluation of multidirectional fabric creasing. Journal of the Textile Institute, 2011, 102: 8, 719-725.
- DONG, X., ZHANG, J., AND ZHANG, Y., YAO, M. A study on the relaxation behavior of fabric's crease recovery angle, international Journal of Clothing Science and Technology, 2003.
- MERATI, A, PATIR, H. Anisotropy in wrinkle properties of woven fabri, The Journal of The Textile Institute, 2011, 1-8, iFirst Article.
- Sengupta, A.K., De, D., & Sarkar, B.P. (1972). Anisotropy in some mechanical properties of woven fabrics. Textile Research Journal, 42, 268-271.
- Tovey, H. (1961). Cotton quality study. Part VI: Wrinkle resistance and recovery from deformation. Textile Research Journal, 31, 185-252.
- Denby, E. F. The Deformation of Fabrics during Wrinkling - A Theoretical Approach. Textile Research Journal, September 1976; vol. 46, 9: pp. 667-670.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Katarína Zelová
Katedra oděvnictví

Datum zadání diplomové práce:

1. listopadu 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

27. května 2013


Ing. Jana Dřáňarová, Ph.D.
děkanka




doc. Ing. Antonín Havelka, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2012

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL. Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména §60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že s o u h l a s í m s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení).

V Liberci, dne 27. května 2013

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. Kataríne Zelové za podporu a trpělivost při mých otázkách a za inspirativní rady, díky kterým jsem se posouvala stále dále. Děkuji, že si vždy našla čas a přátelská slova, která mi pomohla odrazit se a nevzdávat se. Poděkování si zaslouží také Ing. Rudolf Třešňák, který byl sluncem v laboratořích KOD, kde jsem strávila krásné chvíle a budu na ně vzpomínat mnoho let.

Mé poděkování také patří mé rodině a přátelům, kteří mě podporovali, nejen při této práci, ale také v průběhu celého studia na Technické univerzitě v Liberci.

V neposlední řadě mé velké dík patří Ing. Romanu Hajdíkoví, řediteli firmy CNM textil a.s., za poskytnutý materiál a příjemný přístup při spolupráci.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá vlivem finálních úprav na anizotropii zotavení bavlněných materiálů.

Rešeršní část je zaměřená na metody hodnocení mačkovosti. Metody, které se využívají pro vyhodnocování mačkovosti, jsou pro lepší orientaci rozděleny do několika skupin a jsou stručně popsány. Práce blíže rozebírá metody měření pomocí úhlu zotavení a metodu hodnocení mačkovosti nošením.

Experimentální část práce se zaměřuje na vyhodnocení mačkovosti zkoušených bavlněných materiálů. Měření úhlu zotavení probíhalo na přístroji UMAK a prostřednictvím inovované metody úhlu zotavení pomocí web kamery. Mačkovost materiálu je hodnocená i subjektivně nošením kalhot, na základě rešeršního zpracování. Ohybové a smykové charakteristiky byly hodnocené na přístroji KES. Následně jsou vyhodnoceny metodiky hodnocení mačkovosti a určen nejvíce a nejméně mačkavý materiál.

KLÍČOVÁ SLOVA

mačkovost, úhel zotavení, anizotropie, deformace, inovovaná metoda, UMAK, finální úpravy, hodnocení

ANNOTATION OF THESIS

The Diploma thesis examines the influence of finishing of the anisotropy recovery on cotton materials.

The theoretical part is focused on creasing of evaluation methods. The methods that are used of wrinkling, are divided into several groups and are briefly described. The work analyzes the methods of measurement of angle recovery and evaluation of wearing.

The experimental part of the thesis focuses on the evaluation of test creasing property of cotton fabrics. The creasing property of textile fabrics was realized on the unit UMAK and through the new innovated method of the measurements of the angle of recovery with the assistance of web cameras. Wrinkling of the material is evaluated subjectively by wearing trousers. Bending and shear characteristics were evaluated on the unit KES. Subsequently, the evaluation of the methodology from creasing and determined the most and least wrinkling material.

KEY WORDS

wrinkling, recovery angle, anisotropy, strain, an innovative method, UMAK, finishing, evaluation

Obsah

Úvod	13
1 Mačkovost plošných textilií.....	14
1.1 Parametry ovlivňující mačkovost	14
1.1.1 Vlákno.....	16
1.1.2 Příze	16
1.1.3 Tkanina	17
1.2 Vliv úprav na mačkovost bavlněných textilií.....	18
1.3 Hodnocení mačkovosti plošné textilie	20
1.3.1 Rozdělení metod hodnotících mačkovost	21
2 Současné metody hodnocení mačkovosti plošných textilií pomocí metody úhlu zotavení	25
2.1 Zkoušení mačkovosti tkanin ČSN 80 0819.....	25
2.2 Zjišťování mačkovosti ČSN EN 22 313 (80 0820).....	26
2.3 Maďarský přístroj T.K.I.	27
2.4 Přístroj CMT	28
2.5 Inovovaná metoda měření úhlu zotavení pomocí web kamery.....	29
3 Subjektivní hodnocení mačkovosti nošením.....	29
4 Experimentální část	32
4.1 Charakteristika použitých materiálů	32
4.2 Charakteristika použitých zařízení.....	34
4.2.1 UMAK	34
4.2.2 Inovovaná metoda.....	36
4.2.3 Smykové a ohybové charakteristiky měřené na přístroji KES	38
4.2.4 Subjektivní hodnocení mačkovosti nošením.....	40
4.3 Vyhodnocení vlivu úprav na mačkovost plošných textilií	42
4.3.1 Vyhodnocení metody UMAK.....	42
4.3.2 Vyhodnocení mačkovosti pomocí inovované metody měření úhlu zotavení pomocí web kamery.....	43
4.4 Vyhodnocení vlivu úprav na ohybové a smykové charakteristiky plošných textilií.....	50

4.5	Vyhodnocení subjektivního hodnocení mačkovosti nošením	51
4.6	Vzájemné porovnání hodnotících metod	52
5	Závěr	55
	Literatura	57
	Seznam obrázků	60
	Seznam tabulek	61
	Seznam grafů	61
	PŘÍLOHA	62

Seznam zkratek a symbolů

%	procento
°	stupeň
°C	stupeň Celsia
cm	centimetr
ČSN	Česká státní norma
D _o	dostava osnovy
D _ú	dostava útku
EN	Evropská norma
f	číselný faktor
h	tloušťka materiálu
inch	palec
AATCC	mezinárodní norma
KES	Kawabata
kg	kilogram
KOD	Katedra oděvnictví
mm	milimetr
Mp	plošná hmotnost
n	počet měření
N	Newton
obr.	obrázek
RV	relativní vlhkost
s	směrodatná odchylka
tab.	tabulka
Tex	jednotka jemnosti
TUL	Technická univerzita v Liberci
tzv.	takzvaně
v; var. koef.	variační koeficient
α	úhel zotavení

Úvod

Mačkovosti textilií se v dnešní době věnuje stále více pozornosti. Uživatel už nechce ztrácet čas nekonečným žehlením. Chce si věci vybrat z pračky a obléct je bez toho, aby se musel něčím omezovat. Na trhu se objevuje stále žádanější pojem nežehlivá úprava nebo nemačkový materiál. Textilní průmysl se zdokonaluje a výrobci se snaží co nejlépe splňovat požadavky nositelů.

Deformační vlastnosti oděvní textilie mají vliv na estetický vzhled oděvu. Člověk se musí v oděvu cítit pohodlně a komfortně. Není divu, že při každém zvednutí ze židle si automaticky vyrovnává oblečení, aby se cítil lépe. Proto se deformace a mačkavost vzájemně nevylučují, ale mají na sebe vliv. Čím je deformace větší, tím je pomačkání stálejší a materiál potřebuje delší dobu na zotavení.

Mačkavost se dá měřit různými způsoby. V této práci jsou zmíněné nejdůležitější metody pro hodnocení mačkavosti i s novějšími poznatky. Mezi stále používané metody patří měření úhlu zotavení. Nejnovější možnosti ale poskytují bezkontaktní snímání povrchu textilie, které ulehčují manipulaci, ale hlavně šetří čas při hodnocení materiálů.

Mezi přírodní materiály, které se nepřestávají používat i po tak dlouhé době, můžeme jednoznačně zařadit bavlnu, len a vlnu. Pro tuto práci byl zvolen první zmíněný druh materiálu a to bavlna. Diplomová práce se zabývá vlivem finálních úprav na mačkavost textilií. Hodnocení mačkavosti bavlněných textilií bylo uskutečněno na režných, bělených a barvených materiálech.

Studie pro hodnocení mačkavosti se soustředily na mnoho různých aspektů vzniku záhybů. Hodnocení mačkavosti se provádělo na přístroji UMAK a prostřednictvím inovované metody pro měření úhlu zotavení pomocí web kamery. Subjektivní hodnocení mačkavosti bylo zkoumáno nošením kalhot po dobu osmi hodin během dne a noci. Ohybové a smykové charakteristiky byly měřené na systému KES-FB. Obě charakteristiky mají vliv na mačkavost textilií.

1 Mačkovost plošných textilií

Mačkovost tkaniny je dle normy ČSN 80 0819 [1] přechodná deformace, která se ukáže při reálném používání působením tlaku. Norma ČSN 80 0871 [2] uvádí mačkovost jako odolnost plošné textilie k vytváření skladů a lomů a jako schopnost zotavit se po odstranění závaží. Za jednotku mačkovosti elementárního vzorku určuje stupeň mačkovosti, který je udáván ve stupních vizuálním porovnáním s etalonem po stanovené době zotavení.

Působením fyzikálních a chemických vlivů na textilií se dle [3] mění její vlastnosti, vzhled a v některých případech také nastává destrukce textilie. Odezvou textilie na této vlivy při dalším zpracování jsou stálosti a odolnosti textile. Mezi stálosti tvaru patří také mačkovost, která způsobuje na textilií při používání nežádoucí efekt, a to záhyby. Tuto vlastnost mají hlavně celulózová vlákna.

Mačkovost patří k estetickým a užitným vlastnostem oděvního výrobku. Jedná se o deformaci plošné textilie, která vzniká při nošení oděvu. Společně se splývavostí a tuhostí tvoří skupinu základních vlastností určujících stálost tvaru oděvního výrobku.

Kromě materiálového složení, struktury vlákna, přize a textilie, které jsou uvedené níže, ovlivňují dle Zelové [4] mačkovost další faktory. Během nošení působí na textilií teplota, vlhkost a aktivita nositele. Mačkovost je ovlivněna podmínkami nejen při zatížení, ale také při zotavení.

Pomačkání lze odstranit žehlením, případně vyvěšením oděvu, který časem zrelaxuje do původního tvaru. Dokonalého estetického vzhledu je možné dosáhnout nemačkovou úpravou.

1.1 Parametry ovlivňující mačkovost

Při rozboru vlivů, které se podílí na deformacích plošné textilie, se dle Staňka [5] musí determinovat trojí typ deformací: elastická, viskoelastická a plastická. Elastická deformace vzniká po okamžitém zrušení síly v čase $t=0s$ a má snahu vrátit textilií do původního stavu. Viskoelastická deformace potřebuje určitý čas na zotavení a navazuje v časové závislosti na dobu odlehčení. Plastická deformace zůstává po zotavení jako trvalá složka v textilií. Relace mezi deformacemi jsou závislé především na zatěžovacích silách, fyzikálních podmínkách a na době působení.

Z obecného hlediska se podílí všechny tři deformace na deformaci celkové, která je jejich součtem. Celý cyklus je charakterizován fázemi: zatěžování, odlehčení a zotavení. Doba trvání jednotlivých cyklů je různá, všechny jsou funkcí času. Vznikající deformace jsou výsledkem působení mnoha vlivů, souhrnně nazvány fyzikálními, protože charakterizují fyzikální zákonitosti, vztahy a veličiny. Vliv teploty a vlhkosti, které produkuje lidský organismus prostřednictvím kůže, je fyziologický a s mechanickým účinkem vytváří deformace oděvního materiálu.

Podíl deformací uvádí ve své práci Staněk [5] pomocí vztahů:

- elastická deformace ε_E [%]

$$\varepsilon_E = \frac{\alpha_0}{180^\circ} \cdot 100$$

- viskoelastická deformace ε_Z [%]

$$\varepsilon_Z = \frac{\alpha_{300} - \alpha_0}{180^\circ} \cdot 100$$

- plastická deformace ε_P [%]

$$\varepsilon_P = \frac{180^\circ - \alpha_{300}}{180^\circ} \cdot 100$$

kde α_0 je úhel v první sekundě po sejmutí závaží [$^\circ$] a α_{300} je úhel v třísté sekundě po sejmutí závaží [$^\circ$].

Mačkovost textilií závisí dle Meratiho [6] na vlastnostech vláken (na parametrech kroucení a ohybu, zvlnění, průměru, délky, tvaru průřezu a tření), na vlastnostech příze (zákrut, zvlnění, průměr, četnost, tvar průřezu a tření), testovaném směru a délce plovoucích nití, které jsou dané vazbou. Vzhledem k tomu, že textilie není homogenní jednoduchý elastický materiál, teoretická analýza ohýbaní a mačkovosti je velmi složitý proces.

Pokud je brán ohled na vztah mezi strukturou tkaniny a jejím přehybovým zotavením, musí se dle Soubeho [7] oddělit tři prvky, a to vlákno, příze a tkanina. Teoretické řešení mačkovosti mezi přízí a tkaninou je obtížné, protože faktorů

podílejících se na nich je mnoho a jsou složité, i když některé z nich byly studovány. Hodnoty se budou lišit podle tloušťky materiálu, finálních úprav a vlastnostech vláken.

1.1.1 Vlákno

Mačkavost ovlivňuje dle Sochora [8] i tvar příčného řezu vlákna. Ledvinovitý, elipsovitý nebo hvězdicovitý tvar příčného řezu vykazuje větší mačkavost. U vláken s kruhovým průřezem se projevuje menší mačkavost.

Průběh deformace osnovních a útkových nití je dle [9] závislý na tom, zda jsou tyto nitě zhotoveny z hladkých, nekroucených ohebných vláken, nebo z vláken zkadeřených. Hladká, nezkadeřená vlákna kladou mnohem menší odpor při namáhání.

Omeroglu [10] prováděl výzkum z hlediska průřezů polyesterových vláken. Hodnocené byly dutá a plná vlákna, vlákna s příčným řezem ve tvaru kruhu a ve tvaru trojúhelníka v závislosti na tuhosti v ohybu, splývavosti a mačkavosti textilie. Úhel zotavení textilií vyrobených z plných vláken je větší než u textilií z vláken dutých a to v plátňové a keprové vazbě ve směru osnovy a útku. Textilie z vláken s trojúhelníkovým tvarem příčného řezu mají větší hodnotu úhlu zotavení než z vláken s kruhovým průřezem. Tvar příčného řezu vlákna má vliv na mechanické, termické a vzhledové vlastnosti. Tvar vláken ovlivňuje vlastností příze a následně textilie.

Materiálové vlastnosti hrají dle Behery [11] významnou roli při určování mačkavosti a vzhledu tkanin. Pomačkání je výsledkem ohybové tuhosti. Počáteční modul vlákna má významnou úlohu při mačkavosti, neboť zahrnuje elastické prodloužení. Výjimkou jsou lněné směsi, kde dominuje orientace polymerních řetězců ve vlákně. Čím vyšší je počáteční modul, tím vyšší je odpor záhybu a tím je větší pomačkání. Větší pevnost vlákna má za následek větší zmačkání. Jemnější vlákna, pro stejné délkové hmotnosti nití, mají větší počet vláken v průřezu, a tím větší specifický povrch, což vede k vyšší ohybové tuhosti. Zvýší se tvarovatelnost tkaniny a zároveň je dosažen lepší vzhled díky lepšímu pnutí mechanických vlastností.

1.1.2 Příze

Vlastnosti příze dle Sochora [8] ovlivňují mačkavost textilie. Příze, které jsou ostře kroucené, se při namáhání trvale deformují, protože dosahují hranice pružnosti a tažnosti. Málo kroucené příze mají malou vazbu mezi jednotlivými vlákny

a pomačkáním se těžko dostávají do své původní polohy a nastává deformace. Jemná příze se lépe ohne než hrubá a proto u nich vzniká velké napětí a dochází k deformacím.

Anizotropie mačkavosti byla analyzována dle [6] na plátnové vazbě s útkovými přízemi v různém směru zákrutu. Výsledky měření ukazují na to, že mačkavost se zvyšuje počtem zákrutů v přízi útku.

1.1.3 Tkanina

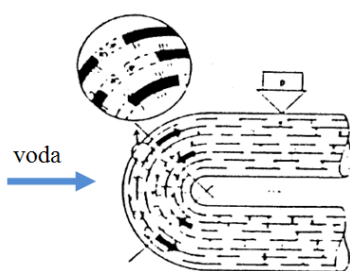
Tkaniny jsou dle [12] tvořeny vzájemně provázanou soustavou osnovních a útkových nití. Na zatížení tkanina reaguje protažením (z menší části je způsobená vyrovnáváním zvlněných nití, z větší části je daná protažením osnovních nebo útkových nití). Velikost posuvu vazných bodů ve struktuře tkaniny je dle [9] závislá na vazbě (délce provázání). Dlouhá provázání umožní větší deformace a proto je nutné u vazeb s tímto provázáním volit větší dostavu, aby se zvětšil počet vazných bodů na plochu. Textilie s menší dostavou vykazují větší deformace než hustě tkané. Větší dostava útku vyvolá větší deformace osnovních nití, zvětšuje se úhel opásání osnovních nití útkovými a jejich délka se zvyšuje. Větší úhel opásání vyvolá zvýšené tření uvnitř i mezi nitěmi.

Mačkavost je dle Hristiana [13] určena deformovatelností vláken s ohledem na podmínky mačkání. Na základě údajů možno pozorovat, že za standardních podmínek je úhel zotavení větší ve směru útku. Důvodem je únava osnovní nitě během tkacího procesu, hmotnostní rozdíl mezi útkem a osnovou, různé reakce osnovy a útku na finální úpravy. Pro identické struktury osnovních a útkových nití používaných při zpracování textilie je modul pružnosti osnovních nití vyšší, to znamená, že jsou více strnulá (pevná, tuhá) a to se odráží v nižších hodnotách obnovy úhlu zotavení pro vzorky orientované podél směru osnovy. Čím vyšší je modul pružnosti, tím menší je regenerace úhlu. Rovina ohýbání představuje malý úsek pro pomačkání, proto neprovázané úseky nití mají lepší možnost posuvu a tím i snížení mačkavosti.

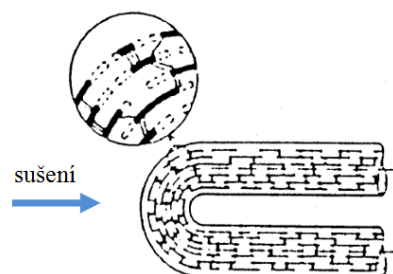
Směr testování mačkavosti má dle [6] také vliv na výsledky a mačkavost je závislá na způsobu přehýbání L-L a R-R. Pokud je textilie složená L-L a útek má směr zákrutu S, zakřivení je vyboulené, pokud je stejná textilie složená R-R, výsledky ukazují lineární zakřivení.

1.2 Vliv úprav na mačkavost bavlněných textilií

Mačkavost textilií je závislá od materiálového složení. Mezi stále využívané přírodní vlákna pro výrobu oděvních materiálů kromě vlny a lnu patří bezesporu bavlna. Textilie z celulózových vláken jsou více pomačkané než textilie ze syntetických vláken. Příčinou mačkavosti je dle [14] bobtnání celulózových vláken. Makromolekuly celulózy jsou pravidelně uspořádané, vytvářejí fibrily, ve kterých jsou molekuly orientované převážně ve směru osy vlákna. V krystalických oblastech působí mezi řetězci celulózy vodíkové můstky a van der Waalsovy síly, které udržují stabilitu vlákna. Při ohýbání vlákna jsou vnější vrstvy napínány a vnitřní stlačovány. Působením vnějších sil na suché vlákno se krystality téměř nepohybují, protože se uplatňují síly mezi řetězci a vlákno se dostává do stavu s vyšším obsahem energie. Po ukončení deformace se vlákno zotaví pomocí nahromaděné energie a zaujme energeticky nejvýhodnější stav, čímž se nezmačká, anebo jen velmi málo. Bobtnání celulózových vláken nastává ve vodě, snižuje se počet vazeb mezi řetězci (obr. 1). Energie, která se dodá na ohyb vlákna, se přemění v teplo, které vzniká při ohybu posouváním stavebních elementů. Následním sušením se obnoví vodíkové můstky (obr. 2), které zachovávají nové vzdálenosti mezi krystality a tím vzniká zmačkání textilie. Mačkavost tedy souvisí s celkovou pružností textilie a s obsahem hydroxylových skupin, které rozrušují vodíkové můstky.



Obr. 1: Nabobtnání vlákna ve vodě [14]



Obr. 2: Obnovené vodíkové můstky po sušení [14]

Na mačkavost má vliv také jemnost vlákna, konstrukce příze a konstrukce plošné textilie. Jemná vlákna se mačkají méně než hrubší vlákna. Tkaniny s hustou dostavou a z přízi s velkým počtem zákrutů se mačkají více. Tkaniny s řídkou dostavou a s malým počtem zákrutů se mačkají méně.

U bavlny se dle Meratiho [6] zlepšení mačkavosti získá při chemické úpravě, která zlepšuje schopnost vláken udržovat konfiguraci (uspořádání), ve které je ošetřena.

Tímto způsobem se bavlna zotaví ze zmačkání a udrží si hladký vzhled. První pokusy sahají do roku 1920. Nežádoucí účinky úprav jako je snížení pevnosti a odolnosti proti oděru a znečištění životního prostředí jsou motivací pro vylepšení produkce nemačkové úpravy.

Snížení mačkovosti se dle [13] dá dosáhnout u celulóзовých vláken pomocí finálních úprav.

Celulóзовým vláknům škodí dle [15] kyseliny, soli hydrolyticky odštěpující kyselinu, oxidační prostředky, roztoky alkálií (při vyšší teplotě a v přítomnosti vzdušného kyslíku) a do určité míry i redukční prostředky. Působením těchto prostředků celulóza degraduje, zkracují se dlouhé řetězce makromolekul. Vláknو má nižší polymerační stupeň a tím i nižší hodnoty mechanické pevnosti, má nižší viskozitu, změni se tažnost a sniží se odolnost vůči oděru.

Bavlnu lze dle [16] předupravovat ve všech stádiích zpracování (vločka; přádelnický polotovar; příze v přádenách, soukaná na cívkách, snovaná na osnovních válech; tkanina; pletenina). Základní technologické operace při předúpravě bavlny jsou: požehování, odšlichtování, vyvárka, mercerace a bělení.

Bělením se dosahuje požadovaná bělost při minimálním poškození vláken. Získá se odstraněním veškerých nežádoucích barevných substancí (přírodní barevné pigmenty, barevné příměsi). Bělí se oxidací, která poskytuje relativně stálou bělost, protože barevné příměsi se promění na bezbarvé sloučeniny nebo se rozpustí. Přípravky používané při bělení bavlny jsou: chlornan sodný NaClO , chloritan sodný NaClO_2 , nebo peroxid vodíku H_2O_2 . Bělení se koná u materiálů, které zůstávají bílé ve finální podobě (stolní a ložní prádlo), nebo se materiál zabarví na pastelové odstíny. Po bělení následuje intenzivní praní.

Vlivem mercerace se dle Wienera [17] změni průřez bavlněného vlákna z ledvinovitého na přibližně kruhový, což samo o sobě zvýši intenzitu odstínu při barvení. Zlepšení barvitelnosti mrtvých a nezralých vláken má také za následek mercerace. Sorpce je rychlejší a mírně se zvýši i vytažení barviva na vlákna. Podstatou barvení je přechod barviva do vlákna, zejména do jeho méně orientovaných (amorfních) částí. Bobtnáním vlákna zvětšují póry, kudy pronikají molekuly barviva dovnitř. Celulózová vlákna se barví přímými, azovými, kypovými, sirnými, reaktivními barvivy a indigosoly. Na rozdíl od technologie barvení se při textilním tisku nanáší na textilie

koncentrované a zahuštěné barvivo. Nanesené barvivo se následně zafixuje a přebytek se odstraní.

1.3 Hodnocení mačkavosti plošné textilie

Hodnocením mačkavosti se zabývají mnozí autoři. V této práci jsou uvedeny některé postupy hodnocení mačkavosti, které lze vyjádřit několika způsoby.

Hristian [13] analyzuje mačkavost vlněných tkanin a vliv faktorů, jako složení, typ vlákna, struktura textilie, mechanické vlastnosti osnovy a útku a finální úpravy na tkaninu. Mačkavost definuje jako nezvratnou změnu vytvořenou vzájemným prokluzem vlákně struktury při ohybu. V experimentu stanovuje indikátory mačkavosti: vracení do původní polohy po ohnutí a koeficient zotavení. Série materiálů z 100% vlny byla rozčleněna podle vazných bodů v podélném a příčném směru. Vzorky materiálů mají standardní rozměry, jsou složené pod úhlem 180° a zatížené v časovém intervalu závažím, jehož hmotnost je závislá na plošné hmotnosti. Po odstranění závaží se vzorek materiálu nechá volně relaxovat. Úhel zotavení se měří po 1, 10 a 30 minutách. Následně se vypočítá celkový koeficient zotavení. Studie odhalila diferenciaci, když se jemnost osnovy a útku rovná, úhel zotavení je vyšší podél směru osnovy a závisí do poměru tloušťky materiálu a typu vazby.

Vzhled je hlavním kritériem pro spotřebitele. Behera [11] uvádí tvarovatelnost jako hlavní parametr konečného vzhledu oděvu. Dalším parametrem dobrého estetického vzhledu je pomačkání, proto úhel zotavení může být považován za index předpovědi výkonu tkaniny. Vzhledem k tomu, že atributy (zakrytí, úhel zotavení) mají přímý vliv na lidské vnímání, je velmi důležité studovat vzájemnou závislost mezi nimi. Studie je zaměřená na zkoumání lehkých a těžkých tkanin s rozdílným materiálovým složením přírodních vláken. Malé vzorky materiálu byly složené 1cm od okraje, zatížené, po určité době odlehčené a po 30 minutách byl změřen úhel zotavení. Vliv úhlu zotavení na vzhled byl porovnáván s KES výsledky a závisel na použitém druhu vláken. Bylo zjištěno, že bez ohledu na složení tkaniny měl osnovní úhel zotavení negativní vztah k celkovému výsledku vzhledu. Plošná hmotnost materiálů v rozmezí 120 – 130 gm⁻² má optimální úhel zotavení 140 - 160°. Tento jev je zaznamenán u všech tkanin. Podobně i útkový úhel zotavení s nižší hodnotou oproti osnově je ve většině případů spojen s lepším vzhledem. To je v podstatě závislé na ohybovém chování tkaniny a zachování záhybu v závislosti na čase. Většina úhlů zotavení v útku

byla 130 – 160°. Tvarová stálost podél útku je lepší než podél osnovy. To může mít za následek ohybová tuhost ve směru útku díky menší hustotě vláken. Lze konstatovat, že tkaniny podobné váhy mají omezující úhel zotavení, pod kterým tkaniny mají špatný vzhled. Nicméně, nízká hodnota úhlu zotavení nezaručuje dobrý vzhled. Bylo zjištěno, že na tvárnost má největší vliv mačkavost a splývavost. Plošná hmotnost má zanedbatelný vliv na vzhled. Bez ohledu na složení materiálů má úhel zotavení negativní vztah k celkové hodnotě vzhledu. Vyšší úhel zotavení nebo kratší doba zotavení souvisí s lepším vzhledem.

1.3.1 Rozdělení metod hodnotících mačkavost

Metod pro hodnocení mačkavosti plošných textilií je mnoho, proto je na místě rozdělení dle [8] pro lepší orientaci. Člení se do čtyř skupin:

- vizuální metody,
- měření vzdáleností okrajů,
- úhlové metody
- a speciální metody.

1.3.1.1 Vizuální metody

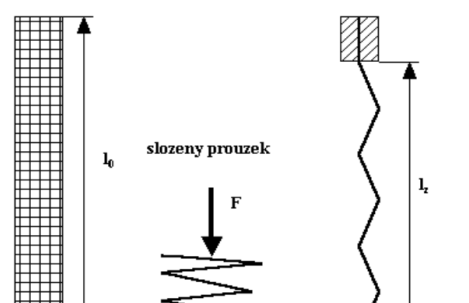
Vizuální metody jsou dle [8] založeny na subjektivním hodnocení, proto nemohou být používány v laboratořích. Mezi vizuální metody patří metoda sevřené pěsti a metoda fotografická.

Metoda sevřené pěsti je založená na subjektivním pozorování vzorku tkaniny po zmačkání v ruce po dobu 5 vteřin. Po uplynutí stanovené doby se ruka rychle otevře a pozoruje se zotavení tkaniny. Nevýhodou je různé hodnocení výsledného zmačkání od různých pozorovatelů.

Fotografická metoda potřebuje pro hodnocení přístroj, do kterého se upne čtvercový vzorek s rozměry 15x15 inch. Horní pohyblivá čelist vykonává střídavý pohyb směrem nahoru a dolů, čímž vzniká zmačkání. Dolní čelist se nehýbe. Po zmačkání se vzorek vyfotí a fotografie se použije pro hodnocení pružnosti tkaniny.

1.3.1.2 Měření vzdálenosti okrajů

Patří sem metoda skládaného proužku textilie. Proužek materiálu o předepsané délce je dle [3] složen podle systému přehybů a po složení je zatížen závažím po předepsanou dobu. Po době zatížení se proužek materiálu odlehčí a pověsí do svorek, kde probíhá zotavení vzorku jak je vidět na obr. 3. Odečte se časová změna délky zavěšeného proužku a vyjádří se mačkavost relativní hodnotou zotavení ze vzorce.



Obr. 3: Metoda skládaného proužku [3]

Metoda Tootal je podobná metodám úhlovým. Zkoušený vzorek materiálu je přeložen a zatížen závažím o předepsané hmotnosti. Po určené době se vzorek odlehčí, zavěsí se na strunu, pod kterou je umístěno zrcátko se stupnicí a odečítá se vzdálenost okrajů vzorku. Mačkavost se vyjádří v milimetrech.

Metoda American Standart Minimum Requirements je blízká metodě Tootal s rozdílem vyjádření výsledku mačkavosti pomocí vzorce.

1.3.1.3 Úhlové metody

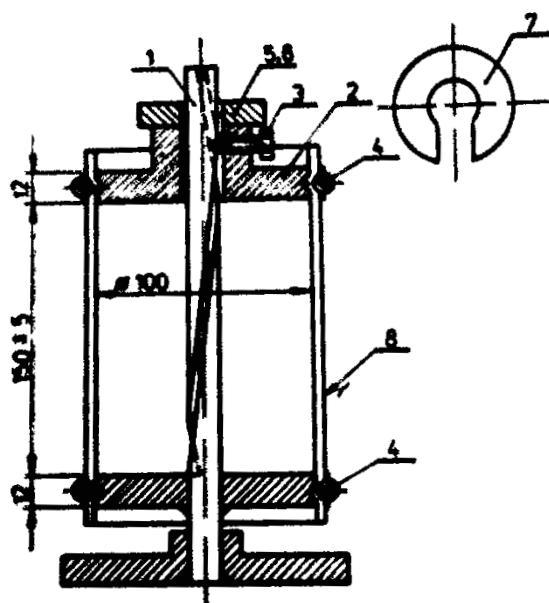
V této práci je studie zaměřená na současné metody hodnocení mačkavosti plošných textilií pomocí měření úhlu zotavení, proto jsou tyto metody podrobněji rozepsané v kapitole 2.

1.3.1.4 Speciální metody

Mezi speciální metody se zařazují všechny ostatní metody, které mají jiný princip měření, než byl výše popsán. U speciálních metod se dle [18] zjišťují fyzikálně mechanické vlastnosti (tuhost, plastická deformace, elasticita).

Margolinovým způsobem hodnocení mačkavosti se měří šířky smyčky složeného vzorku tkaniny před a po zkoušce. Zkoušený vzorek materiálu se sevře oba konci mezi čelisti. Vnitřní šířka vzniknutého oka musí být 15 mm. Na přístroji, skládajícího se ze zatěžovacího a měřicího zařízení, se určí největší šířka před a po zkoušce. Z poměru obou hodnot se podle vzorce vypočítá součinitel mačkavosti.

Norma ČSN 80 0871 [2] stanovuje mačkavost pomocí dutého válce, viz obr. 4. Metoda byla vyvinutá pro zkoušení mačkavosti u pletenin a je známa jako metoda AKU. Rozšířila se i na tkaniny. Z materiálu se odeberou sady vzorků po dvou kusech v příčném a podélném směru o rozměrech 325x200 mm. Kratší strany vzorku se položí na sebe a lehce se sešijí 10 mm od okraje ručním stehem, čímž se vytvoří válec. Vzorek se upne pomocí vinutých pružin lícni stranou do stroje pomocí kruhových čelistí. Uvolní se zajišťovací šroub a vrchní deska se pomalu spustí na spodní desku. Po spuštění horní čelisti do spodní polohy nastane zmačkání materiálu stlačením a zešíkmením díky pootočení kolíku v drážce horní čelisti. Na to se položí závaží po stanovenou dobu. Po odstranění závaží se horní deska vysune, vybere se zkoušený vzorek materiálu a odstraní se stehování. Následně se nechá vzorek relaxovat. Hmotnost závaží (1, 2, 4, 6 kg), doba působení závaží (10, 20 minut) a doba zotavení (5, 10, 15, 30, 45, 60 minut, 24 hodin) se zvolí podle norem technických požadavků na plošné textilie. Po uplynutí doby zotavení se stanoví mačkavost celým stupněm pomocí třírozměrných etalonů (5- nejlepší, 1- nejhorší). Pokud se zkouška prováděla na dvou vzorcích a pro každý směr byl zjištěn rozdíl větší než jeden stupeň, provede se třetí měření vzorku. Hodnotí se nejméně dvěmi osobami. Ze získaných výsledků se vypočítá aritmetický průměr mačkavosti ve stupních samostatně pro příčný a podélný směr se zaokrouhlením na celý stupeň.



- 1 - osa přístroje se šroubovitou drážkou, s podstavcem a spodní deskou
- 2 - horní deska
- 3 - zajišťovací šroub
- 4 - kruhová vinutá pružina
- 5 - závaží o hmotnosti 1 kg
- 6 - závaží o hmotnosti 2 kg
- 7 - dvě závaží bez doplňujících součástí o hmotnosti 2 kg
- 8 - zkoušená plošná textilie

Obr. 4: Zkoušení mačkovosti pomocí dutého válce

Mezi speciální metody měření nemačkovosti patří dle [19] i metoda IN-2. Kruhový vzorek o průměru 90 mm se pomačká na deformačním přístroji a přenes se na otočný kotouč elektronického fotometru, kde se nechá relaxovat. Po uplynutí doby relaxace se ke vzorku umístí světelný paprsek. Oproti paprsku se umístí fotobuňka, která zaznamenává množství prošlého světla skrz vzorek materiálu. Čím méně světla projde přes vzorek, tím více je vzorek materiálu pomačkaný. Kotouč, na kterém je umístěn materiál, se otáčí po 30°. Díky tomu se na jednom vzorku provede 12 měření, ze kterých se následně vyjádří průměr, který určuje nemačkovost textilie v procentech, viz tab. 1.

Tab. 1: Hodnocení nemačkovosti textilií metodou IN-2 [19]

Popisné hodnocení nemačkovosti	Nemačkovost [%]	Subjektivní hodnocení nemačkovosti
textilie zůstává silně zmačkaná, nutné dlouhodobé žehlení	0 – 40	nízká nemačkovost
na textilii zůstávají ustálené záhyby, k odstranění je nutné žehlení	41 – 60	střední nemačkovost
na textilii zůstávají slabé záhyby, snadné odstranění žehlením	61 – 80	dobrá nemačkovost
při sušení na ramínku záhyby téměř zmizí, potřeba lehkého přežehlení	81 – 95	velmi dobrá nemačkovost
při sušení na ramínku záhyby zcela zmizí, žehlení není nutné	96 - 100	výborná nemačkovost

Mezi nové metody měření můžeme zařadit tzv. fotometrické stereo. Hu [20] ve své práci hodnotí mačkovost materiálů s využitím analýzy obrazu místo tradičních metod. Fotometrické stereo je speciálně navržený systém osvětlení a umístění čtyř kamer v různých směrech, díky kterému se může zrekonstruovat třírozměrný povrch textilie a vypočítat efektivní povrchová funkce. Mirjalili [21] poukazuje na shodné výsledky měření mačkovosti světelnou metodou s hodnocením odborníků v oboru, přičemž barva a vzor tkaniny nemají vliv na hodnocení.

Další možnost objektivního měření mačkovosti pomocí 3D projekce je založená na zpracování obrazu pomocí nasnímaných AATCC etalonů pro hodnocení mačkovosti. Zkoušené materiály jsou nasnímané a následně porovnávány s daty vypočtenými z deformace mřížky získaných ze systému snímání obrazu. Touto metodou se zabývají Kang [22], Matsudaira [23] a Yang [24].

Použitím fotoaparátů s vysokým rozlišením a stereo subpixel odpovídajícím algoritmem se zabývá Yu [25]. Touto metodou hodnocení mačkavosti lze vytvářet nejen 3D obrazy a mapy pomačkání pro vizualizaci záhybů, ale i kvantitativní údaje o hustotě, amplitudě a ostrosti záhybů na zkušebním vzorku. V porovnání s laserovými technikami je tato metoda méně nákladná (potřeba jen dvou fotoaparátů).

2 Současné metody hodnocení mačkavosti plošných textilií pomocí metody úhlu zotavení

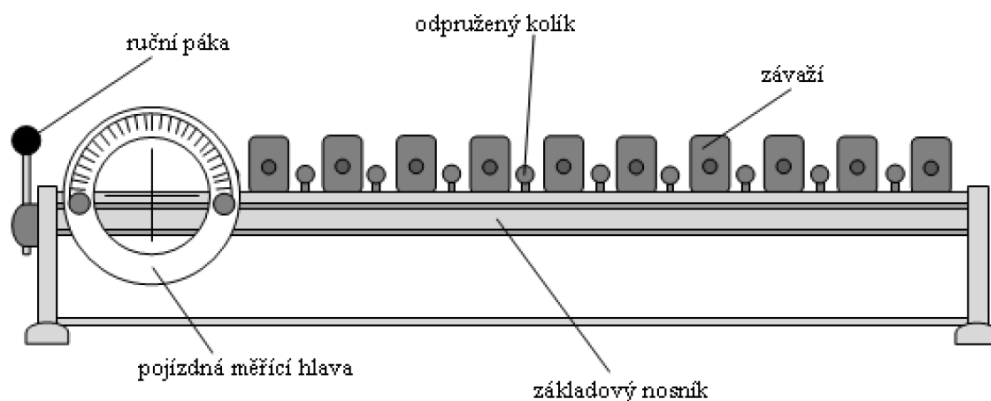
Mačkavost se dá měřit různými způsoby. Mezi nejčastější metody zjišťování mačkavosti se dle [18] využívají měření pomocí úhlu zotavení. Úhel zotavení vzniká po odstranění závaží mezi rameny přehnutého vzorku zkoušeného materiálu. Velikost úhlu vypovídá o schopnosti textilie zotavit se po pomačkání. Různé druhy textilií mají také rozdílné hodnoty úhlu a jinou rychlost zotavení se.

Lyne [26] konstatuje, že nevýhodou při posouzení mačkavosti je vyhodnocení vizuálních a subjektivních dojmů pozorovatele, právě proto jsou důvody přijetí hodnocení nemačkavosti pomocí měření úhlu zotavení ještě používány.

2.1 Zkoušení mačkavosti tkanin ČSN 80 0819

Norma ČSN 80 0819 Zkoušení mačkavosti tkanin [1] je od roku 1994 neplatná a je nahrazená normou ČSN EN 22 313 (80 0820). Pro zjišťování mačkavosti se ještě využívá. Norma charakterizuje úhel zotavení jako míru mačkavosti tkaniny udávanou ve stupních [°].

Podstatou zkoušky je hodnocení úhlu zotavení na přístroji UMAK, který je znázorněn na obr. 5. Zkušební vzorek s rozměry 50x20 mm se přeloží po niti a zatíží se závažím o hmotnosti 1 kg. Zatížení trvá hodinu, pak se závaží odstraní a změří se úhel zotavení po 5 a 60 minutách od odlehčení. Protože je vzorek obdélníkového tvaru, při odečítání úhlu zotavení pomocí pojízdné měřicí hlavy se úhel měří na předním i zadním okraji zkoušeného vzorku s přesností na 1°. Vzorek může mít po zotavení různé tvary a sklony jak je vidět na obr. 16. Čím je úhel zotavení větší, tím je mačkavost materiálu menší. Mačkavost se zjišťuje ve směru osnovy a útku, jak na lící straně, tak i na rubní straně materiálu.



Obr. 5: Přístroj UMAK [27]

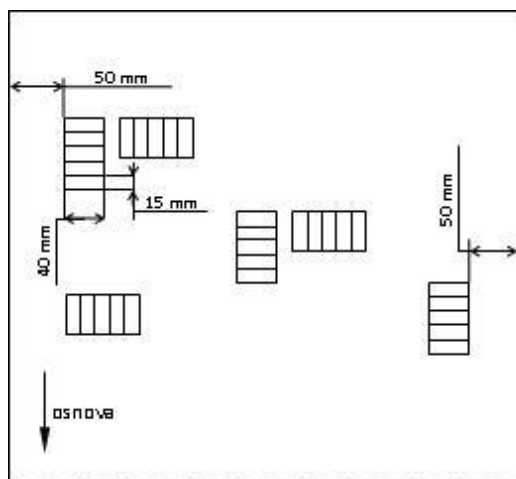
Z číselně zaznamenaných hodnot úhlu zotavení se určí výpočtem celkový průměrný úhel zotavení po 5 a 60 minutách, směrodatná odchylka úhlu zotavení, variační koeficient a pravděpodobná chyba průměru při 95 % pravděpodobnosti.

2.2 Zjišťování mačkovosti ČSN EN 22 313 (80 0820)

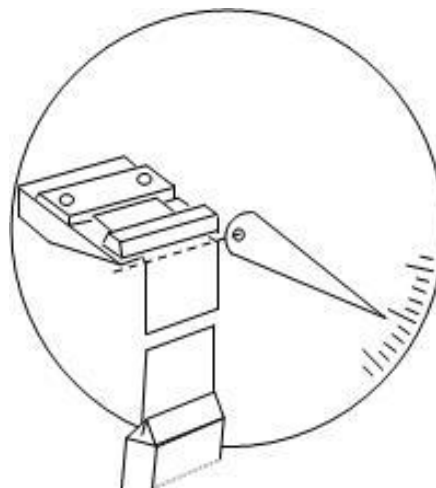
Norma ČSN EN 22 313 (80 0820) Zjišťování mačkovosti- schopnost zotavení horizontálně složeného vzorku měřením úhlu zotavení [28] platí na určení úhlu zotavení pro plošné textilie. Pomačkání textilie po odstranění zatížení se zmenšuje různou rychlostí.

Norma uvádí, že velikost úhlu zotavení je mírou schopnosti textilie zotavit se po náhodném pomačkání. Metoda se nedoporučuje pro tkaniny z vlny a směsí s vlnou, protože je poukázáno na nepřesnosti při měření. Norma definuje úhel zotavení, který se vytvoří po odstranění závaží po určenou dobu působení, mezi rameny přeloženého vzorku materiálu. Vzorek se nechá po určenou dobu volně zotavit a pak se změří úhel zotavení.

Reprezentativní vzorky materiálu, viz obr. 6 se odebírají minimálně 50 mm od okraje materiálu, nesmí být pomačkané, složené, ohnuté nebo jinak deformované. Velikost vzorečků je 40x15 mm. Deset vzorečků se vystřihne ve směru osnovy a deset ve směru útku. Zkušební vzorky jsou klimatizované nejméně 24 hodin. Textilie, které byly před měřením prány, chemicky čištěny nebo žehleny, mohou časem vykazovat zlepšení zotavení po pomačkání, proto se materiál uloží nejméně 6 dní v podmínkách okolního prostředí.



Obr. 6: Odběr vzorků z materiálu [28]



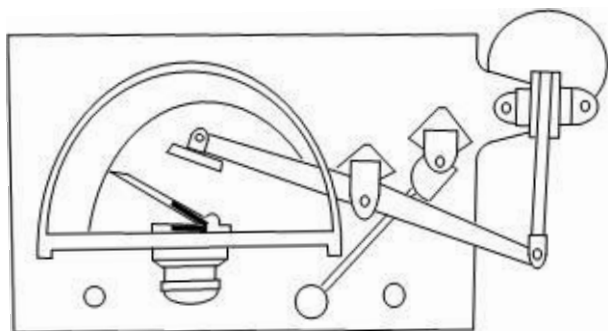
Obr. 7: Přístroj pro měření úhlu zotavení [28]

Konce vzorku se položí na sebe a pomocí pinzety se drží maximálně 5 mm od konců. Následně se umístí na spodní desku zatěžovacího zařízení a vzorek se zatíží závažím o hmotnosti 1,019 kg, které působí celkovou silou 10 N. Pět vzorečku je přeloženo lícni stranou k sobě a pět rubní stranou, jak pro osnovu, tak pro útek. Doba zatížení je 5 minut, pak se závaží odstraní a vzorek materiálu se pomocí pinzety přemístí do držáku vzorku zkušebního přístroje. Visící rameno vzorku se drží pinzetou a další rameno se opatrně zasune mezi čelisti držáku, přitom se dává pozor na vytvořený záhyb, aby nebyl deformován. Zkušební přístroj zobrazen na obr. 7 se průběžně nastavuje tak, aby visící rameno bylo ve svislé poloze. Úhel zotavení se odečítá 5 minut po odlehčení. Když se volné rameno lehce kroutí nebo svinuje, odečítá se kolmá rovina, která prochází středem ramene a osou kruhové stupnice.

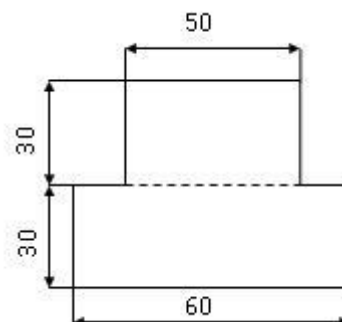
Vyhodnocením zkoušky je aritmetický průměr s přesností na 1° pro osnovu líc-líc, rub-rub a pro útek líc-líc a rub-rub.

2.3 Maďarský přístroj T.K.I.

Laboratorním hodnocením mačkovosti se dle [8] nezískají přesné hodnoty pomačkání jakými je materiál vystaven během nošení. Ke srovnávacím zkouškám se využívají úhlové metody, na jejichž principu pracuje také maďarský přístroj na zkoušení mačkovosti, který je na obr. 8. Aby zkoušený vzorek nebyl ovlivněn prouděním vzduchu z okolí, je přístroj chráněn průhledným krytem.



Obr. 8: Maďarský přístroj T.K.I. [8]

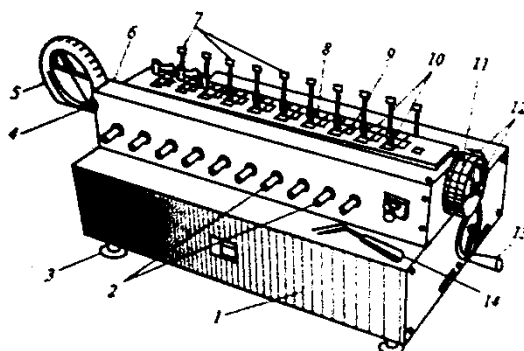


Obr. 9: Rozměry a tvar vzorku [8]

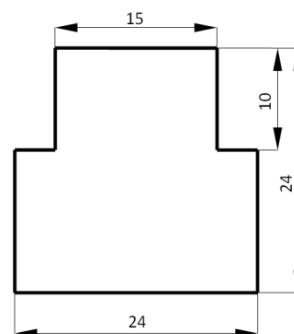
Vzorek zkoušeného materiálu má speciální tvar, který se vystřihává pomocí šablony znázorněné na obr. 9 a upíná se na vertikální stolek pod pérové držáky. Menší část vzorku, která je volná, se přeloží o 180° a zatíží se na 20 minut tlakovou deskou, která je uložena na páce se zatěžovacím závažím. Po uplynutí doby zatížení se vzorek odlehčí. Působením pružných sil se materiál vychýlí o úhel α a hodnota se odečte na stupnici úhlooměru. Po 30 minutách se odečte úhel β . Hodnoty obou úhlů se vynesou do pravouhlých souřadnic a z grafu lze posoudit odolnost tkaniny proti mačkání.

2.4 Přístroj CMT

Hodnocení mačkavosti může být prováděno dle [29] na přístroji CMT, viz obr. 10. Provádí se 10 zkoušek. Vzorek materiálu specifických rozměrů podle obr. 11 je umístěn do přístroje, který se pak pomocí ruční páky otočí o 90° proti směru hodinových ručiček a je zatížen. Závaží je přitlačováno silou 98,1 kPa, což je 1 kg/cm^2 . Doba zatížení je 15 minut. Po odtížení se vzorek materiálu otočí o 180° a po 5 minutách se změří úhel zotavení s přesností na 1° . Úhel zmačkání se vypočítá zvlášť pro podélný a příčný směr textilie. Určí se také koeficient mačkavosti v procentech.



Obr. 10: Přístroj CMT [29]



Obr. 11: Velikost vzorku pro měření na přístroji CMT [29]

2.5 Inovovaná metoda měření úhlu zotavení pomocí web kamery

Nová objektivní metoda hodnocení mačkavosti pomocí web kamery dle Fridrichové [30] zohledňuje anizotropii zotavení materiálu. Mačkavost je hodnocená ve dvanácti směrech, nejen ve směru osnovy a útku jak tomu bylo doted'.

Inovativní způsob hodnocení je založen na standardizované normě ČSN EN 31 092 (80 0919). Vzorek materiálu je půlkruhového tvaru s průměrem 45 mm. Upínací zařízení je zkonstruováno na podobném principu jako u metody UMAK. Vzorek je upnut do upínacího zařízení a zatížen závažím o hmotnosti 1 kg. Doba zatížení je 5 minut. Ruční měření úhlu zotavení je nahrazeno web kamerou, protože web kamera není ovlivněna osobou, která měří. Po sejmutí závaží je vzorek snímán web kamerou a následně je každý snímek ukládán do počítače. Hodnotí se 12 směrů odebírání vzorků z materiálu, viz obr. 17. Okraj vzorku je pokaždé otočen o 30° vzhledem ke směru osnovy. Výhodou půlkruhového vzorku je snížení kroucení okrajů vzorku v průběhu měření. Pro obdélníkový tvar by bylo potřeba také mnohem větší plochy materiálu. Obraz byl následně zpracován softwarem Nis Elements AR, který je schopen změřit úhel zotavení.

3 Subjektivní hodnocení mačkavosti nošením

Grmelová [31] a Kopečná [12] ve svých pracích rozebírají hodnocení mačkavosti nošením. Grmelová uvádí, že skutečným podmínkám procesu nošení jsou nejvíce podobné zkoušky cyklického namáhání. Tkanina jako plošná textilie podléhá namáhání již při výrobě a zpracování, ale teprve vytvořením prostorového útvaru (oděvu) dochází k mnohem složitějším procesům zatěžování. Namáhání je způsobeno pohybem těla nositele. Protože pro pohodlí je vyžadována vysoká pružnost, je nutno uvažovat o výrobku s vysokou tvarovou stabilitou a elasticitou, která by zabránila vzniku deformace. Kopečná se soustřeďuje na stálosti vytvarování zkušebních vzorků a konstatuje, že zkoušky nošením přes nejpečlivější dohled a vyhodnocení vedou k velmi rozdílným výsledkům. Jsou časově velmi náročné, přesto jsou zkoušky nošením důležité jako srovnávací základna pro posouzení naměřených hodnot v laboratořích pomocí zkušebních přístrojů.

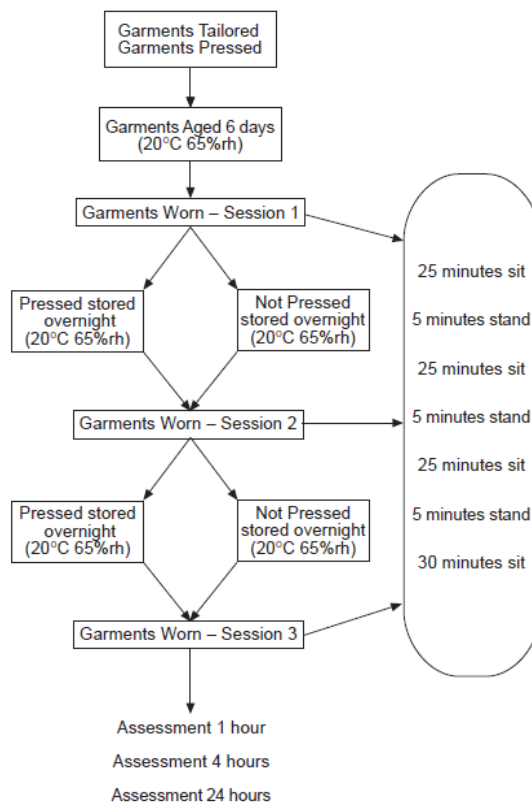
Stálost tvaru oděvu během nošení ovlivňují dle [12] činitelé, na jejichž základě jsou konstruovány laboratorní měřicí zařízení:

- mechanické namáhání (tah, tlak, vzpěr, protlačení, vlastní hmotnost oděvu, několikanásobný ohyb),
- fyziologické faktory (tělesná teplota, vlhkost, tvorba potu),
- povětrnostní podmínky (počasí, vlhkost, teplota, světlo),
- stárnutí textilního materiálu a
- elektrostatický náboj.

Při ošetrování mají vliv na vytvarování oděvu tyto činitelé: praní, chemické čištění, žehlení a skladování.

Salter [32] ve své práci hodnotí vlněné tkaniny pomocí nošení. Vlněné tkaniny mají lepší stupeň zotavení v porovnání s jinými přírodními vlákny. Záhyby, které se tvoří na lehkých a tenkých materiálech, mají sklon být ostré a nemusí se obnovit. Mačkavost tkanin během nošení není způsobená jenom kombinací textilních vlastností (struktura tkaniny, doba relaxace, napětí ve vláknech, ...), ale také nositelem, padnutím oděvu, ošetrováním oděvu a okolními podmínkami při nošení. Pokusy s nošením byly vykonané v minulosti s cílem stanovení a kvalifikací účinků některých vlastností v procesu mačkání při nošení. V mnoha případech hodnocení nebyla kontrolována starostlivost o oděv. Vzhledem k vysokým nákladům spojeným s vykonáváním zkoušek nošením bylo statistické vyhodnocení nepřesné. Všeobecně byl omezený počet oděvů a nositelů. Subjektivní hodnocení bylo vykonáno 2-3 pozorovateli. Testovaný oděv byl posouzený porovnáváním mezi dalšími oděvy, nebo sadou třírozměrných etalonů dle normy AATCC (1984). Výsledky neposkytovaly kvalitativní informace o závažnosti pomačkání. Salter se zabýval také mikroklimatem mezi tělem a oděvem. Výsledky šetření následně využil ve svém výzkumu. Princip měření byl zvolen na začátku. Šest nositelů a šest lehkých vlněných tkanin bylo podrobeno výzkumu se zaměřením na určení čtyř aspektů: vlivu uživatele, tkaniny, stavu opotřebení a mačkavosti při nošení. Z tkanin se vyhotovily kalhoty klasického střihu, které jsou běžně k dostání v prodejně. Kalhoty byly bez chemického čištění, vyžehlené a po žehlení byly zavěšené v standardních podmínkách (20°C, 65% RV) po dobu šesti dnů před nošením. Podmínky při nošení byly rozděleny do dvou skupin. První skupina představovala typickou kancelářskou místnost s teplotou 20°C s relativní vlhkostí 40%. Druhá skupina reprezentovala průměrný jarní den v Austrálii (evropský letní den) s teplotou 25°C

a relativní vlhkostí 75%. Všechna měření byla prováděna v klimatické místnosti s těmito podmínkami. Oděv byl nošen po dobu tří dnů za sebou v dopoledních hodinách (8. - 11. hodina) v intervalech 25 minut sezení a 5 minut stání nebo chůze. Činnost nositele nebyla regulována, mohl číst, psát, používat počítač. Pomocí zkušební metody 128 podle AATCC se provádělo fotografování nošených kalhot. Oděv visel od pásu na zeleném pozadí, zdroj světla byl od výšky, kdy vrhá stín nad oděvem pro zvýraznění záhybů. Fotoaparát byl ve vzdálenosti 1,2m od pověšeného oděvu. Formát fotografie byl A4 na polomatném papíru a každá fotka byla označena náhodným třímístným číslem. Následně byly deseti pozorovateli hodnoceny fotky. Na pozorování



Obr. 12: Schéma postupu při nošení podle Saltera [32]

byly použité dvě fotky z AATCC třírozměrného etalonu (1 a 5), aby se definoval stupeň „není pokrčen vůbec“ a „extrémně pokrčený“. Pozorovatelé absolvovali také tréninkové cvičení. Podmínky pozorovatelů byly nastavené na teplotě 20°C a 65% relativní vlhkostí za stejných světelných podmínek. Při jednom sezení bylo hodnoceno 12 fotografií, aby se zabránilo únavě pozorovatele. Získané výsledky byly zprůměrovány a analyzovány pomocí analýzy rozptylu.

4 Experimentální část

V experimentální části práce byl hodnocen vliv finálních úprav na anizotropii mačkavosti, ohybovou a smykovou charakteristiku plošných bavlněných textilií. Vzorky materiálů jsou přiloženy a popsány v následující kapitole 4.1.

Měření mačkavosti se provádělo pomocí:

- metody UMAK,
- inovované metody měřením úhlu zotavení pomocí web kamery,
- subjektivním hodnocením pomocí nošení kalhot.

Ohybové a smykové charakteristiky materiálů byly zkoumány na systému KES.

Všechna měření byla prováděna v laboratořích KOD, jen hodnocení pomocí nošení bylo uskutečněno v domácím prostředí laborantky.

4.1 Charakteristika použitých materiálů

Všechny materiály byly poskytnuty firmou CNM textil a. s. se sídlem v Bašce. Materiály jsou 100% bavlněné v plátňové vazbě.

Materiály U1, U2, U3 jsou pod obchodním názvem DON. Materiál U1 je režný, U2 je bělený a U3 je potiskovaný. Vyrábějí se z prstencové bavlněné příze s jemností osnovy a útku 20 tex. Dostava osnovy je 28,5 nití/cm a dostava útku je 25,5 nití/cm. Plošná hmotnost je 115 g.m⁻².

Materiály U4, U5 a U6 najdeme pod názvem DOMESIK. Materiál U4 je režný, U5 je bělený a U6 je barvený. Vyrábějí se z prstencové bavlněné příze s jemností osnovy a útku 29,5 tex. Dostava osnovy je 25,5 nití/cm a dostava útku je 22,5 nití/cm. Plošná hmotnost je 145 g.m⁻².

Charakteristika použitých materiálů je uvedena v tab. 2, kde je popsáno materiálové složení, vazba, dostava osnovy D_o , dostava útku D_u , plošná hmotnost M_p a tloušťka materiálů h . Údaje byly určeny z materiálových listů, které poskytla firma CNM textil. Tloušťka materiálů byla zjištěna na systému KES. Každý materiál byl třikrát změřen a následně byl určen průměr. Získaná data jsou v příloze 1.

Za tabulkou jsou k zhlédnutí vzorky použitých materiálů.

Tab. 2: Charakteristika použitých materiálů

Materiál	Materiálové složení	Vazba	D_o [nití/cm]	D_ú [nití/cm]	M_p [g.m⁻²]	h [mm]
U1	100% bavlna	plátno	28,5	25,5	115	0,55
U2	100% bavlna	plátno	28,5	25,5	115	0,63
U3	100% bavlna	plátno	28,5	25,5	115	0,44
U4	100% bavlna	plátno	25,5	22,5	145	0,74
U5	100% bavlna	plátno	25,5	22,5	145	0,66
U6	100% bavlna	plátno	25,5	22,5	145	0,61

Materiál U1**Materiál U2****Materiál U3****Materiál U4****Materiál U5****Materiál U6**

4.2 Charakteristika použitých zařízení

Měření mačkavosti se zjišťovalo metodou UMAK a pomocí inovované metody měřením úhlu zotavení pomocí web kamery. Subjektivní hodnocení mačkavosti nošením kalhot bylo zkoumáno v domácím prostředí laborantky a následně byly kalhoty vyfotografovány, aby se mohl určit stupeň pomačkání. Ohybové a smykové charakteristiky byly testovány na systému KES.

4.2.1 UMAK

V této práci se hodnotí pomačkání pomocí metody UMAK, princip který se nachází již v neplatné normě ČSN 80 0819 [1]. Mačkavost je dle [27] možné hodnotit na základě stanovení úhlu zotavení.

Přístroj na měření mačkavosti metodou UMAK, zobrazen na obr. 13, je pro měření všech druhů tkanin. Na základovém nosníku jsou rovnoměrně umístěny upínací čelisti, viz obr. 15, pro 10 vzorků a měřicí hlava, kterou se dá pohybovat. Pojízdná měřicí hlava, obr. 14, má kruhovou stupnici, která má dělení na stupně (0-180°), a uprostřed je na skle vyznačená měřicí ryska. Čelist se otevírá odpruženým knoflíkem. Na každou čelist dosedá závaží, které se dá pootočit ruční pákou o 90° pro měření vzorků ve svislé poloze.



Obr. 13: Přístroj UMAK



Obr. 14: Pojízdná měřicí hlava



Obr. 15: Upínací čelist

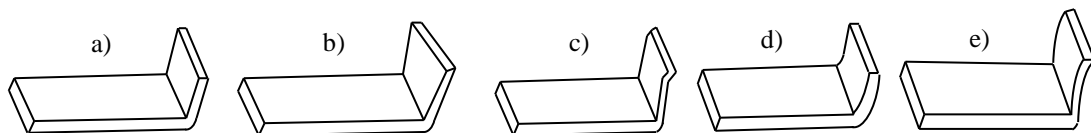
Podstatou zkoušky je zkušební proužek tkaniny o rozměrech 50x20 mm. Přípravené vzorky jsou upnuté do čelistí přístroje. Délka přeložení závisí od plošné hmotnosti textilie, jak je uvedeno v tab. 3. Vzorek se přeloží o 180° po niti, ohyb je přesně na kraji lamely, určenou délkou od okraje a zatíží se 1 kg závažím. Doba zatížení je jedna hodina, pak se závaží odstraní. Úhel zotavení se změří dvakrát

na stejném vzorku, 5 a 60 minut po odlehčení. Úhel změřený po 5 minutách se také nazývá úhel vymrštění či okamžité deformace a po 60 minutách úhel trvalé deformace. K účinkům mačkavosti dochází až po přehnutí a zatížení, díky kterým vznikne trvalá deformace, která se časem může částečně zotavit. Čím je větší úhel, tím je menší mačkavost tkaniny.

Tab. 3: Délka přeložení materiálu v závislosti na plošné hmotnosti [1]

Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	Délka přeložení [mm]
do 100	5
101 až 500	10
nad 500	15

Mačkavost se měří ve směru osnovy a útku, a to jak z lící, tak i z rubní strany materiálu. Počet vzorků je 5 pro každý soubor měření. Při vydutém nebo vypuklém rameni úhlu se úhel zotavení neměří. U každého vzorku se určí přední a zadní úhel zotavení s přesností na 1° a následně se určí průměrná hodnota. Vzorek materiálů může mít po zotavení různý tvar a sklon, jak je vidět na obr. 16, proto se úhel odečítá na předním i zadním okraji vzorku. Norma uvádí 5 základních tvarů zotavení materiálů, a to: a) rameno je rovné a má stejný sklon vpředu i vzadu; b) je rovné, no vpředu má jiný sklon než vzadu; c) je částečně rovné a částečně zahnuté; d) je vyduté; e) je vypuklé.



Obr. 16: Tvary zotavení materiálů podle ČSN 80 0819 [1]

Ze zaznamenaných hodnot úhlů zotavení se výpočtem stanoví celkový průměrný úhel zotavení po 5 a 60 minutách podle vzorce:

$$\alpha_s = \alpha_o + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_o) \quad [^\circ]$$

kde α_s je skutečný průměrný úhel zotavení plošné textilie, α_o je zvolený přibližný úhel zotavení, α_i je úhel zotavení jednotlivých vzorků a n je celkový počet měření.

Směrodatná odchylka pro úhel zotavení se určí podle vzorce:

$$s = \pm \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_o)^2 - n(\alpha_s - \alpha_o)^2 \right]} \quad [^\circ]$$

kde s je směrodatná odchylka, n je počet měření, α_i je úhel zotavení jednotlivých vzorků, α_o je zvolený přibližný úhel zotavení a α_s je skutečný průměrný úhel zotavení plošné textilie.

Variační koeficient pro úhel zotavení se určí:

$$v = \frac{s}{\alpha_s} \cdot 100 \quad [\%]$$

kde v je variační koeficient, s je směrodatná odchylka, α_s je skutečný průměrný úhel zotavení plošné textilie.

Pravděpodobnostní chyba průměru při 95% pravděpodobnosti se vypočítá:

$$\sigma_{\alpha_s} = f \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad [^\circ]$$

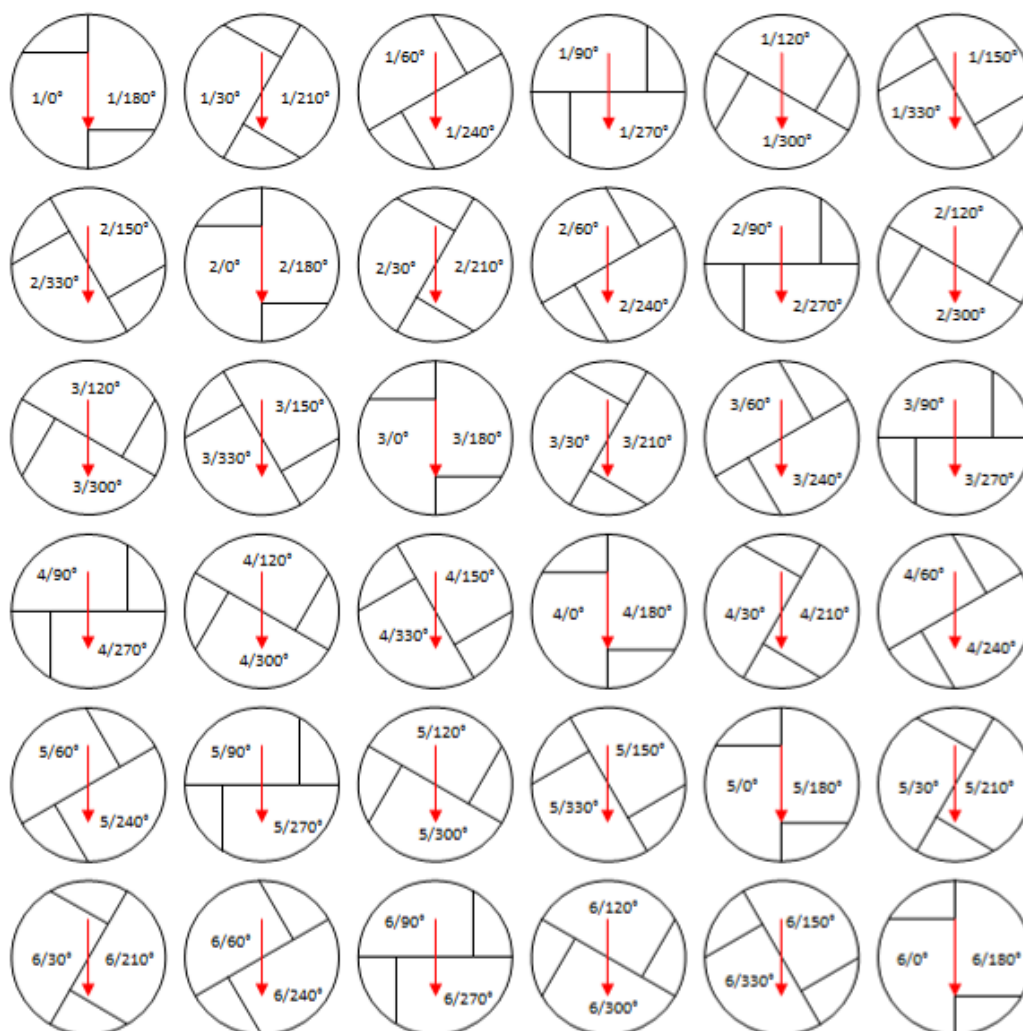
kde σ_{α_s} je přesnost výběrového průměru, f je číselný faktor ke stanovení přesnosti výběrových ukazatelů, s je směrodatná odchylka a n je počet měření.

4.2.2 Inovovaná metoda

Hlavním důvodem snímání úhlu zotavení pomocí inovované metody pomocí web kamery je lepší simulace skutečného zmačkání během nošení, zaznamenání první vteřiny po sejmutí závaží a následné snímání podle nastavených časových intervalů.

Vzorky jsou na materiál nakresleny v 6 řadách a 6 sloupcích 100 mm od pevných krajů kvůli zkreslení hodnot. Mají kruhový tvar s průměrem 45 mm. Měřeno je celkem 72 půlkruhových vzorků. Jsou naznačeny po 30° ve směru 0°/180°, 30°/210°, 60°/240°, 90°/270°, 120°/300°, 150°/330°, jak je naznačeno na obr. 17. Místo prohnutí je kolmicí k přímce, která svírá daný úhel s osnou ve vzdálenosti 10 mm od okraje. Vzorky se vystřihnou a přehnou v naznačení. Pro každý stupeň je odebráno

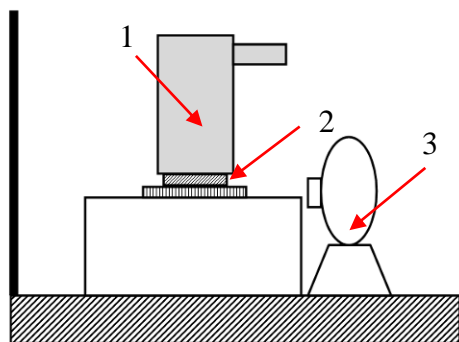
celkově šest vzorků. Vzorek vystřižený po směru osnovy je přehnut podél útku a naopak. Doba zatížení a doba relaxace je 5 minut.



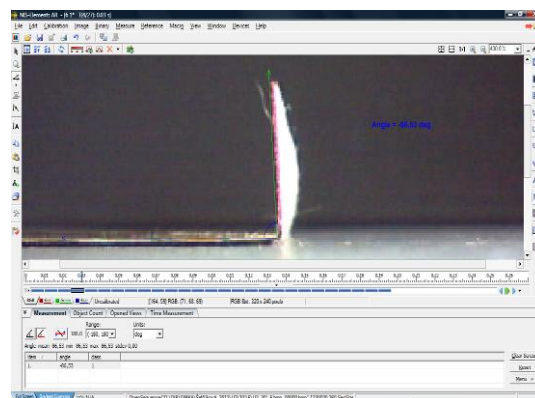
Obr. 17: Schéma uspořádání vzorků na materiálu

Princip měření inovovanou metodou je znázorněn na obr. 18. Zkoušený vzorek materiálu (2) je přehnut 10 mm od okraje a zatížen závažím (1) o hmotnosti 1 kg po dobu 5 minut. Když se závaží odstraní, web kamera (3) začne snímat okamžitý úhel zotavení hned v první sekundě. Během relaxace zaznamená web kamera celkem 24 fotografií. Prvních 10 sekund po sejmutí závaží zaznamená jednu fotografii každou sekundu, následně každých 5 sekund další fotografii v průběhu 50 sekund. Celkově to dává první minutu měření a 20 snímků. Následuje zaznamenávání každou minutu až do ukončení doby relaxace, což jsou 4 snímky. Díky web kameře je obraz převáděn a ukládán do počítače, kde jsou snímky použity k vyhodnocení měření v programu

Nis Elements AR. Na obr. 19 je ukázka pracovního prostředí programu. Program má funkci *measure free angle*, která změří úhel zotavení na fotografii, která vznikla pomocí web kamery. Získaná data jsou exportována do programu Microsoft Excel a vyhodnocená.

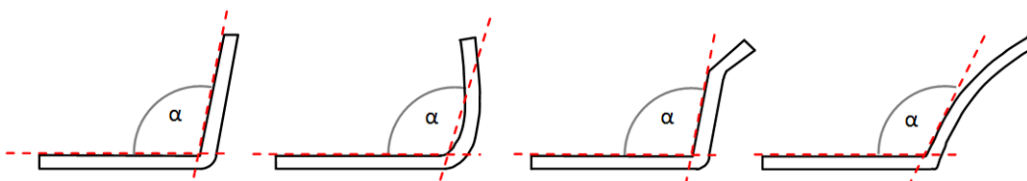


Obr. 18: Schéma experimentu



Obr. 19: Pracovní plocha programu Nis Elements AR

Na začátku měření byly stanovené podmínky, aby byl úhel správně změřen, protože po odstranění závaží může docházet k různým deformacím volného ramene vzorku. Je nutné zachovávat stejný způsob měření úhlu zotavení u všech vzorků. Vzniklé zakřivení volného ramene vzorků a jejich měření jsou znázorněné na obr. 20. Velikost úhlu zotavení odpovídá velikosti úhlu α , který svírají ramena vzorku. Pokud není rameno rovné, měří se úhel, který svírá upnuté rameno vzorku a tečna k volnému ramenu. Zvolené hodnocení je použito z důvodu, že se zjišťuje úhel zotavení v bodě upnutí.



Obr. 20: Způsoby měření úhlu zotavení

4.2.3 Smykové a ohybové charakteristiky měřené na přístroji KES

Systém KES-FB (Kawabata Evaluation System for Fabrics) [33] byl vyvinut Kawabatou k nedestruktivnímu hodnocení textilií mechanických vlastností. Sestává ze čtyř modulů, značených KES FB1, 2, 3, 4. Každý modul měří jinou veličinu:

- modul FB1 měří tah a smyk,
- modul FB2 ohybovou tuhost,
- modul FB3 stlačení a tloušťku,
- modul FB4 tření a profil povrchu.

Všechny moduly jsou propojeny s počítačem k vyhodnocování výsledků měření. Celkem je zjišťováno 16 charakteristik mechanických vlastností textilií. Kawabata původně sestrojil systém jenom pro hodnocení omaku, v současnosti je využíván pro hodnocení mechanických vlastností textilních materiálů. Nevýhodou systému je použitelnost jenom pro lehké textilie do určité tloušťky, není univerzální, ale přesto velmi přesný a dokonalý.

Velikost zkoušených vzorků je 20x20 cm u všech měření. Pro správné položení vzorku do přístroje slouží optická čidla, která upozorní na nesprávné uložení vzorku. Naměřená data jsou ukládána do počítače, proto jsou výsledky rychlé a přesné.

4.2.3.1 Měření smykových charakteristik na přístroji KES-FB1

Přístroj KES-FB1 vyobrazen na obr. 21 slouží dle [34] pro měření smykových charakteristik. Mezi dvě čelisti dlouhé 20 cm a vzdálené od sebe 5 cm se upne zkoumaný vzorek materiálu jak je vidět na obr. 22. Po zapnutí přístroje se upnutý vzorek vychýlí o úhel smyku, který představuje hodnotu $\pm 8^\circ$ při konstantním napětí vzorku. Měří se reakce plošné textilie na působení smykové síly v obou na sebe kolmých směrech (osnova a útek). Výsledkem je znázornění závislosti tahové síly na smykovém úhlu, z které se určí tuhost ve smyku G [N/m.stupeň], hystereze smykové síly $2HG$ při smykovém úhlu $\pm 0,5^\circ$ [N/m] a hystereze smykové síly $2HG5$ při smykovém úhlu $\pm 5^\circ$ [N/m].



Obr. 21: Přístroj KES-FB1



Obr. 22: Detail čelistí přístroje KES-FB1

4.2.3.2 Měření ohybové tuhosti na přístroji KES-FB2

Přístroj KES-FB2, viz obr. 23, je dle [35] vybaven dvěma čelistmi dlouhými 20 cm ve vzdálenosti 1 cm od sebe, mezi které se vkládá vzorek materiálu jak je vidět na obr. 24. Po spuštění přístroje je vzorek upnut mezi čelistmi a ohýbán do zakřivení K , maximálně $\pm 2,5 \text{ cm}^{-1}$. Ohybová rychlost je $0,5 \text{ cm}^{-1}$. Měří se reakce plošné textilie na působení vnější ohybové síly. Měření ohybových vlastností se měří ve směru osnovy a útku po lící a rubní straně. Výsledkem zkoušky je znázornění závislosti velikosti ohybového momentu $M \text{ [Nm/m]}$ vzorku pod definovaným zakřivením $K \text{ [cm}^{-1}\text{]}$.

Ohybová tuhost $B \text{ [Nm}^2\text{/m]}$ a hystereze ohybového momentu $2HB \text{ [Nm/m]}$ jsou určené vztahy:

$$B = (a + a) / 2,$$

$$2HB = (b + b) / 2.$$



Obr. 23: Přístroj KES-FB2



Obr. 24: Vložený vzorek mezi čelistmi přístroje KES-FB2

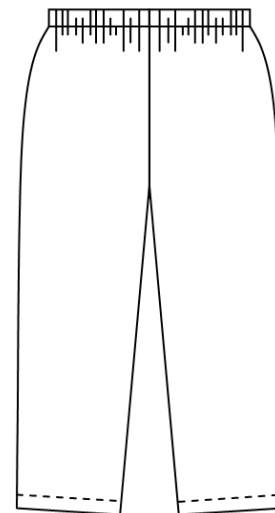
4.2.4 Subjektivní hodnocení mačkavosti nošením

Subjektivní hodnocení mačkavosti bylo navrženo na základě práce Saltera [32], viz kapitola 3, který se zabýval hodnocením vlněných tkanin pomocí nošení kalhot. Obdobným způsobem se ubíral i tento experiment, který byl řešen ve spolupráci s Ing. Katkou Zelovou a její dizertační práci [36].

Technický náčrtek kalhot je na obr. 25. Kalhoty jsou jednoduchého střihu s gumou v páse. Délka kalhot je pod kolena.

Celkově bylo ušito 6 kusů kalhot ze zkoumaných materiálů. Kalhoty byly 24 hodin před nošením vyžehleny a pověšeny na ramínku. Systém nošení byl rozčleněn do dvou etap. První etapa trvala osm hodin. Nositel si ráno o 8:00 oblékl kalhoty,

vyfotil se v nich a dělal každodenní činnost podle potřeby. Nevycházel z domu a kalhoty měl na sobě do 16:00. Pak následovalo další vyfocení, svlečení kalhot a pověšení na ramínko, kde kalhoty ostali po dobu 24 hodin. Následně byly vyfoceny. Druhá etapa nošení se prováděla během spánku nositele. Kalhoty byly před testováním vyžehleny. Spánek trval osm hodin, převážně v čase od 23:00 do 7:00 dalšího dne. Ráno se kalhoty na nositeli vyfotily. Cyklus etap se opakoval u všech kalhot stejně. Kalhoty nebyly prány ani chemicky čištěny před, během ani po nošení.



Obr. 25: Technický náčrt kalhot

Subjektivní hodnocení mačkavosti nošením bylo vyhodnoceno 10 respondenty, kteří měli vysokoškolské vzdělání prvního stupně v textilním oboru. Respondenti byli obeznámeni s problematikou mačkavosti. Byla jim vysvětlena stupnice hodnocení a určené hranice zlomů záhybů. Každý testující byl při hodnocení v pohodlí, nerušilo je okolní prostředí a měli dostatek času na přemyšlení o výsledku hodnocení. Zkoumané kalhoty byly pověšeny na ramínko před hodnotitelem. Na začátku byla ukázána série fotek, kde byly kalhoty vyžehleny, následně série fotek kalhot nošených přes den po dobu osmi hodin a nakonec série fotek kalhot nošených v noci. Fotky byly nasnímané zepředu, zezadu, z pravého a levého boku na nositeli. Výsledek byl zapsán do předem vyhotovené tabulky, kde se zadávalo pořadí pomačkání (1 – 6), kde 1 představovala nejvíc pomačkané a 6 nejméně pomačkané kalhoty. Hodnotitel přiřadil stupeň pomačkání k číslu kalhot v tabulce.

Ze získaných výsledků se určil medián ordinální škály a jeho 95% interval spolehlivosti. Medián se určí ze vzorce:

$$\tilde{x} = M + 0,5 - \frac{(F_M - 0,5)}{f_M},$$

kde \tilde{x} je medián ordinální škály, M mediánová třída, F_M kumulativní četnost mediánové třídy a f_M relativní četnost mediánové třídy.

95% interval spolehlivosti se určuje ze vzorce pomocí opravních koeficientů d a h :

$$ISM = \langle D - 0,5 + d; H - 0,5 + h \rangle,$$

kde D je dolní mediánová třída a H je horní mediánová třída.

4.3 Vyhodnocení vlivu úprav na mačkovost plošných textilií

Vyhodnocení jednotlivých zkoušek je popsáno formou tabulek a diagramů, v kterých jsou zhodnoceny údaje naměřených hodnot. Statistické vyhodnocení bylo uskutečněno v programu QC.Expert 2.5. Při každé zkoušce bylo měření prováděno u nově vyrobeného materiálu.

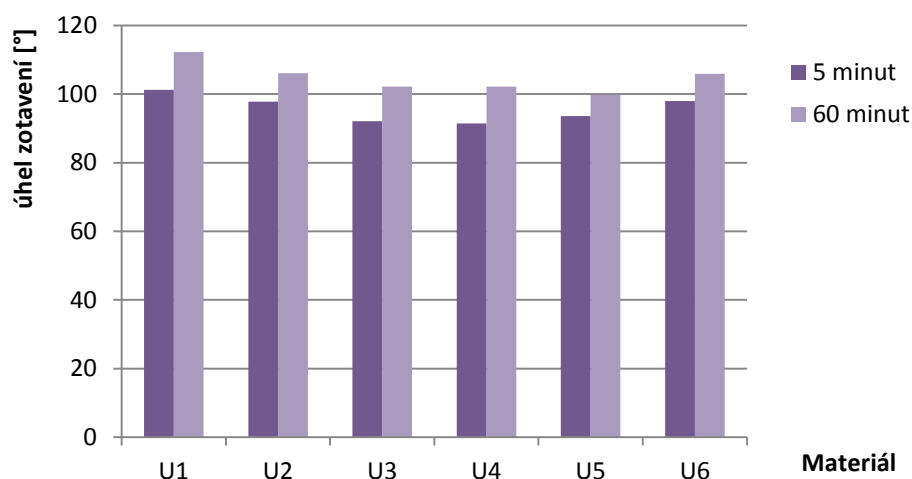
4.3.1 Vyhodnocení metody UMAK

Mačkovost materiálu metodou UMAK se měřila ve směru osnovy a útku při přeložení L-L a R-R. Počet vzorků byl 5 pro každý soubor měření. Při měření se neobjevilo vyduté ani vypuklé rameno úhlu, proto bylo měření u každého vzorku materiálu zaznamenáno. U vzorku se určil přední a zadní úhel zotavení s přesností na 1° a následně se určila průměrná hodnota úhlu zotavení. V příloze 2 jsou vypsány všechny získané hodnoty úhlu zotavení.

Z naměřených výsledků úhlu zotavení pomocí metody UMAK se vytvořila tab. 4, kde jsou zaznamenány průměrné hodnoty úhlů zotavení u jednotlivých zkoušených materiálů. Z výsledků vyplývá, že po pěti minutách se nejméně zotavil materiál U4, kde úhel zotavení je 91,4° a nejvíc materiál U1 s hodnotou úhlu zotavení 101,2°. Po hodině zotavování se výsledné pořadí zotavení trochu pozměnilo. Nejméně zotavený materiál je U5 a jeho průměrný úhel zotavení nabývá hodnotu 99,8°. Nejvíce zotavený materiál je U1 s 112,2° průměrným úhlem zotavení.

Tab. 4: Metoda UMAK

	Název sloupce	Průměr	Průměr LL-RR	Název sloupce	Průměr	Průměr LL-RR	Název sloupce	Průměr	Průměr LL-RR
Umak (5min)	U1 - RR	100,2	101,2	U2 - RR	102,8	97,8	U3 - RR	90,5	92,1
	U1 - LL	102,2		U2 - LL	92,9		U3 - LL	93,8	
Umak (60min)	U1 - RR	110,6	112,2	U2 - RR	112,5	106,1	U3 - RR	99,6	102,2
	U1 - LL	113,9		U2 - LL	99,7		U3 - LL	104,8	
Umak (5min)	U4 - RR	95,0	91,4	U5 - RR	92,3	93,6	U6 - RR	97,1	98,0
	U4 - LL	87,8		U5 - LL	95,0		U6 - LL	98,9	
Umak (60min)	U4 - RR	108,2	102,2	U5 - RR	99,1	99,8	U6 - RR	104,8	105,9
	U4 - LL	96,2		U5 - LL	100,5		U6 - LL	107,1	



Graf 1: Porovnání hodnot úhlu zotavení metodou UMAK po 5 a 60 minutách

Porovnáním výsledků měření průměrných hodnot úhlu zotavení metodou UMAK u graf 1 je viditelné zotavení v závislosti na čase. Nejvyšší procento zotavení poukazuje materiál U1, který se po 55 minutách zotavil o 6,11% a materiál U2, který se zotavil o 6%. Nejnižší zotavení se ukázalo u materiálu U5 a to hodnotou 3,44%. Z výsledků můžeme předpokládat, že nejméně mačkové materiály jsou U1 a U2. Nejvíce mačkový materiál je U5.

4.3.2 Vyhodnocení mačkovosti pomocí inovované metody měření úhlu zotavení pomocí web kamery

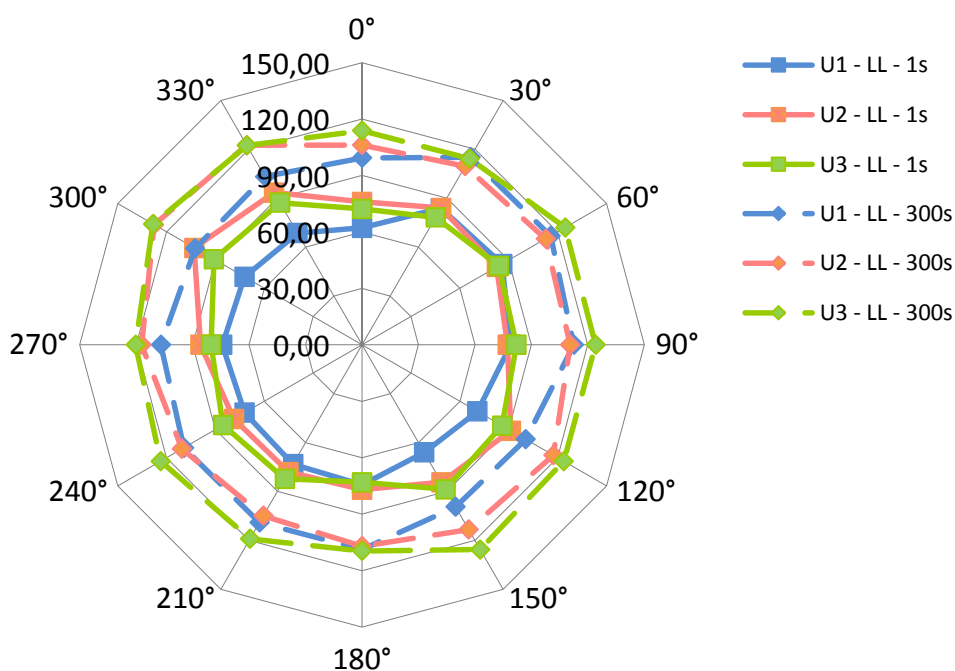
K provedení zkoušky bylo použito 36 kruhových vzorků z každého druhu materiálu. Celkově bylo použito 864 půlkruhových vzorečků pro vyhodnocení mačkovosti s použitím inovované metody měření úhlu zotavení pomocí web kamery. Postup měření je znázorněn v příloze 4 fotodokumentaci. Půlkruhový vzoreček byl ohnut ve vzdálenosti 1 centimetr od okraje a zatížen závažím o hmotnosti 1 kilogram. Po pěti minutách bylo závaží odstraněno a následovalo snímání pomocí web kamery po dobu pěti minut, kdy se zaznamenalo 24 snímků. Snímky byly převedené do programu Nis - Elements AR a byl změřen úhel zotavení. Získaná data se uložila v Excelu a vyhodnotila se. Statistické zhodnocení proběhlo v programu QC.Expert 2.5 a je zaznamenáno v příloze 6 a 7.

Na polárních diagramech jsou znázorněné průměrné hodnoty úhlu zotavení, které se určily z měření na šesti různých vzorcích po první a třísté sekundě relaxace textilie.

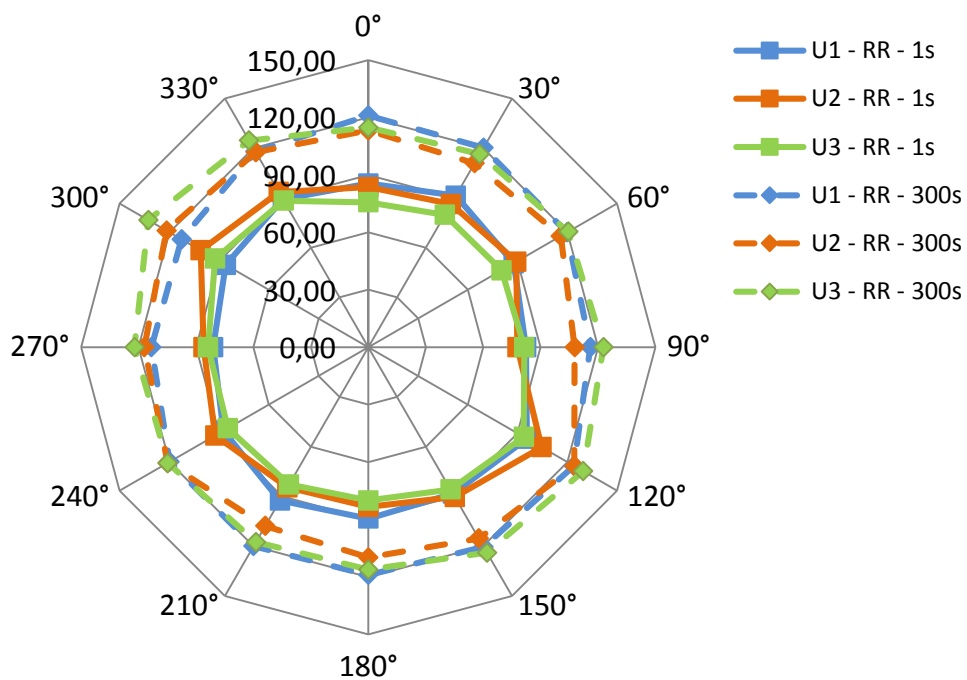
Na obr. 26 jsou v polárním diagramu znázorněné hodnoty úhlů pro materiály U1, U2 a U3 měřené při přeložení L-L. Materiál U1 je nejlépe zotaven v prvním a třetím kvadrantu, kde byly vzorky materiálů stříhány ve směru diagonálním 30° a 60° od osovy. Materiály U2 a U3 se lépe zotavily v druhém a čtvrtém kvadrantu. Nejnižší hodnoty úhlu zotavení byly zaznamenány ve směru osovy. Hodnocení mačkovosti při přeložení vzorku R-R u materiálů U1, U2 a U3 je na obr. 27 znázorněno polárním diagramem. Obrazec polárního diagramu vykazuje shodné zotavení ve zkoumaných směrech s přeložením materiálů L-L a R-R. Materiály hodnocené z rubní strany dosáhly vyšších hodnot úhlu zotavení. Materiál U3 má v diagonálním směru 330° od směru osovy nejvyšší úhel zotavení, a to $122,19^\circ$.

Polární diagram hodnot úhlů zotavení u materiálů U4, U5 a U6 na obr. 28 se blíží ke tvaru kružnice. Materiály se ve všech směrech zotavovaly téměř stejně. Obr. 29 znázorňuje zotavení materiálů měřených při přeložení R-R, kde se materiál U5 ve diagonálním směru $120^\circ/300^\circ$ zotavil mnohem lépe než v jiných směrech. Materiály U4, U5 a U6 se zotavovaly lépe ve směru útku, než ve směru osovy.

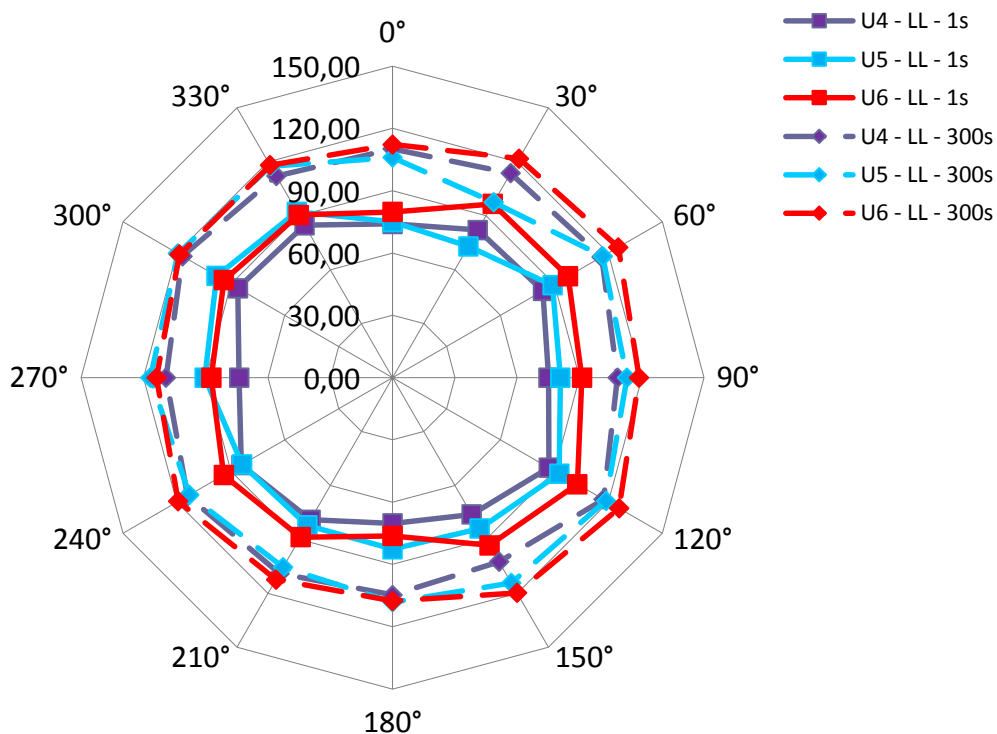
Je patrné, že materiály U1, U2 a U3 vykazují anizotropii mačkovosti a materiály U4, U5 a U6 zase izotropii mačkovosti. Izotropii dosáhly materiály s nižší dostavou, kde se potvrdilo, že čím nižší dostava, tím jsou nitě mezi sebou volnější a mohou se lépe pohybovat a odolávat zatížení.



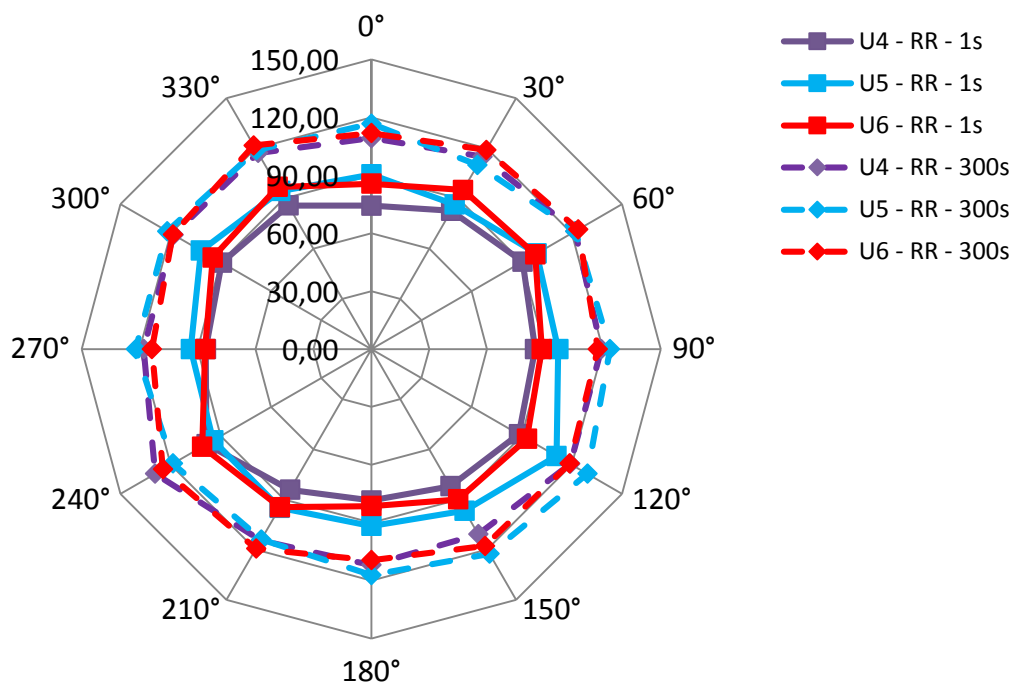
Obr. 26: Polární diagram textilií U1-LL, U2-LL a U3-LL v první a třetí sekundě



Obr. 27: Polární diagram textilií U1-RR, U2-RR a U3-RR v první a třísté sekundě

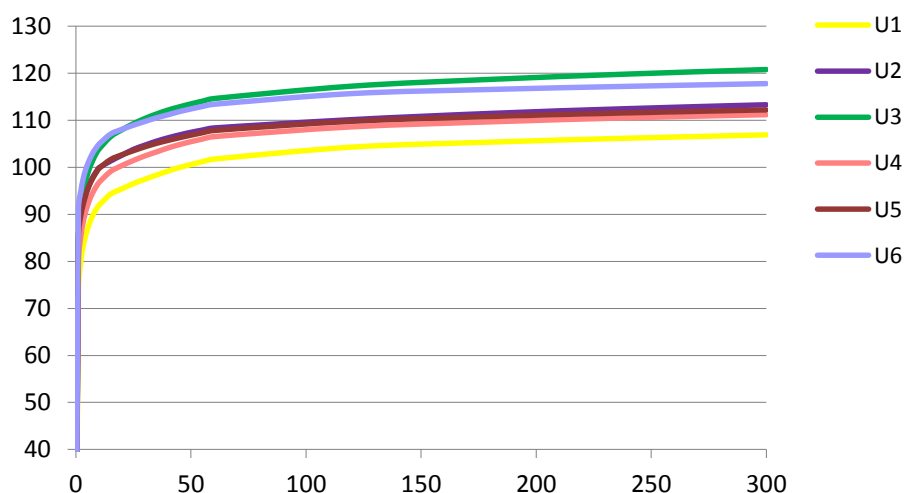


Obr. 28: Polární diagram textilií U4-LL, U5-LL a U6-LL v první a třísté sekundě



Obr. 29: Polární diagram textilií U4-RR, U5-RR a U6-RR v první a třetí sekundě

Křivka zotavení materiálů U1-U6 u L-L měření na obr. 30 ukazuje, jaký průběh zotavení měly materiály v závislosti na čase. Materiál U3 se postupem času lépe zotavil, i když na začátku to vypadalo na materiál U6. Křivka zotavení materiálu U3 vycházela pomalu, ale po prvních 20 sekundách se začala zotavovat výše než křivka materiálu U6. Křivka zotavení materiálu U1 vykazuje nejnižší hodnoty zotavení. Křivka u materiálu U4 nabrala na začátku na vzrůstu, zotavení nebylo výrazné, aby překročilo hodnoty zotavení u upravovaných materiálů. Bělený materiál U2 má křivku zotavení o něco vyšší než materiál U5.



Obr. 30: Křivka zotavení materiálů U1-U6 u L-L měření

Z naměřených hodnot aritmetického průměru velikosti úhlu zotavení, viz tab. 5, se určilo pořadí mačkovosti materiálů. Čím vyšší je hodnota úhlu zotavení, tím lépe se materiál zotavil po odlehčení závaží. Porovnáním výsledků jednotlivých materiálů je zřejmé, že nejlépe zotavený materiál je U3, u kterého výsledná hodnota úhlu zotavení při měření L-L je $120,8^\circ$ a $122,19^\circ$ při hodnocení R-R. Nejhorší zotavený materiál je U1, kde úhel zotavení u L-L je $106,86^\circ$ a u R-R $119,03^\circ$. Materiály se z rubní strany zotavily lépe kromě U6.

Tab. 5: Inovovaná metoda úhlu zotavení pomocí web kamery- základní statistické výsledky

	Průměr	95% IS		Min	Max	Rozptyl	Var. koef.	Směr. odchylka	Chybová úsečka
		Spodní mez	Horní mez						
U1-LL	106,86	104,86	108,86	88,31	123,68	72,46	7,97	8,51	2,00
U2-LL	113,31	111,10	115,51	91,00	136,38	87,75	8,27	9,37	2,20
U3-LL	120,80	119,02	122,57	100,64	133,55	56,95	6,25	7,55	1,77
U4-LL	111,17	109,47	112,88	96,80	125,99	52,49	6,52	7,24	1,70
U5-LL	112,22	110,08	114,36	88,78	133,10	83,22	8,13	9,12	2,14
U6-LL	118,09	116,45	119,73	97,29	134,20	48,08	5,87	6,93	1,64
U1-RR	119,03	117,89	120,17	95,78	132,47	21,47	3,89	4,63	1,14
U2-RR	115,27	113,57	116,97	91,42	134,36	50,77	6,18	7,13	1,70
U3-RR	122,19	120,73	123,64	101,51	139,28	36,72	4,96	6,06	1,46
U4-RR	117,74	116,37	119,12	96,73	137,05	30,80	4,71	5,55	1,38
U5-RR	120,03	118,31	121,75	98,20	136,17	53,00	6,07	7,28	1,72
U6-RR	117,98	116,40	119,56	102,34	132,75	45,03	5,69	6,71	1,58

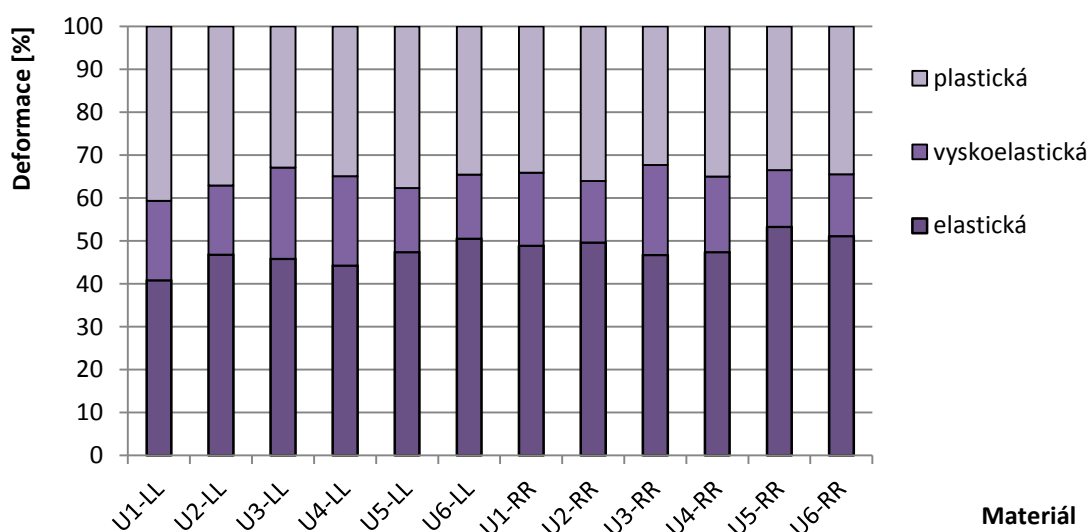
V tab. 6 je uveden průměrný podíl elastické, viskoelastické a plastické deformace v procentech pro jednotlivé materiály. Výpočet podílu deformací se určí z hodnot průměrného úhlu zotavení v první a třetí sekundě po sejmutí závaží pomocí vzorců, viz kapitola 1.1. U těchto materiálů se procento elastické deformace pohybovalo v rozmezí 40 – 50%, viskoelastické deformace v rozmezí 15 – 21% a plastické deformace 33 - 41%. Průměrné podíly elastické, viskoelastické a plastické deformace lépe zobrazuje graf 2.

Tab. 6: Podíl deformací

typ deformace	U1-LL	U2-LL	U3-LL	U4-LL	U5-LL	U6-LL
elastická [%]	40,86	46,84	45,84	44,26	47,38	50,54
viskoelastická [%]	18,51	16,11	21,27	20,84	14,97	14,91
plastická [%]	40,63	37,05	32,89	34,90	37,65	34,55

	U1-RR	U2-RR	U3-RR	U4-RR	U5-RR	U6-RR
elastická [%]	48,91	49,67	46,71	47,43	53,29	51,16
viskoelastická [%]	17,03	14,33	20,99	17,58	13,22	14,39
plastická [%]	34,06	36,00	32,30	34,99	33,49	34,45

Z výsledků prezentovaných v graf 2 je zřejmé, že na deformaci se podílí všechny tři druhy deformace. Rozdíly mezi materiály byly pozorovány ve výsledku elastické deformace, která se objeví hned v první sekundě po odstranění závaží z materiálu a je určena jako hodnota okamžitého zotavení. Hodnota okamžitého zotavení následně ovlivňuje i výsledné procento plastické deformace, která je v textiliích již trvalá. Největší podíl plastické deformace, a tím i největší mačkovost, vykazoval materiál U1 při měření L-L, a to 40,69% a materiál U2 při měření R-R hodnotou 36%. Nejmenší podíl plastické deformace, a tím i nejmenší mačkovost, má materiál U3. Nejvyšší procento viskoelastické deformace má materiál U3 u obou měření L-L a R-R, které dosahuje hodnotu přibližně 21%.



Graf 2: Podíl deformací

Z úhlů zotavení v první a třetí sekundě po sejmutí závaží ze vzorku lze vypočítat také kvalitní číslo K . V tomto případě se výpočet kvalitního čísla K vzal ze vztahu podle Sommera a Winklera [37]:

$$K = \frac{\alpha_0 \cdot \alpha_{300}}{324}$$

kde K je kvalitní číslo [%], α_0 je průměrný úhel zotavení v první sekundě po sejmutí závaží [°] a α_{300} je průměrný úhel zotavení ve třetí sekundě po sejmutí závaží [°].

Kvalitní číslo udává celkovou kvalitu textilie a výsledkem je jedna hodnota pro každý měřený materiál. Čím vyšší je kvalitní číslo K, tím menší je mačkavost materiálu. Při výpočtu kvalitního čísla K se vycházelo z průměrných hodnot úhlu zotavení jednotlivých materiálů U1-U6. Z tab. 7 lze konstatovat, že nejvyšší hodnotu kvalitního čísla K má materiál U6, a to 33,3%, a nejmenší hodnotu má materiál U1 28,26%. Lze předpokládat, že materiál U6 se mačká nejméně a materiál U1 se mačká nejvíc.

Tab. 7: Kvalitní číslo K

Materiál	U1	U2	U3	U4	U5	U6
Kvalitní číslo K	28,26	30,64	31,19	29,09	32,5	33,3

V programu QC.Expert 2.5 bylo uskutečněno statistické vyhodnocení porovnáním dvou výběrů. Byly srovnány materiály U1-U6 při složení L-L a R-R. Testy potvrdily, že průměrná střední hodnota zotavení je pro materiály U3 a U6 shodná, nastal statisticky nevýznamný rozdíl. Významné rozdíly byly zaznamenány u režných materiálů U1 a U4.

Všechny zaznamenané výsledky porovnávání dvou výběrů jsou v příloze 7. V tab. 8 je zapsané porovnání dvou výběrů mezi materiály U1-LL a U2-LL.

Tab. 8: Porovnání dvou výběrů mezi materiály U1-LL a U2-LL

Porovnání dvou výběrů		
Hladina významnosti :	0,05	
Porovnávané sloupce :	U1-LL U2-LL	
Test shody rozptylů	Poměr rozptylů :	1,211084652
	Kritická hodnota :	1,467435401
	Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ
	Pravděpodobnost :	0,194445801
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly	t-statistika :	4,319586398
	Kritická hodnota :	1,976810994
	Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
	Pravděpodobnost :	2,91914E-05
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test	Diference DF :	0,305555556
	Kritická hodnota :	0,226350253
	Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ

4.4 Vyhodnocení vlivu úprav na ohybové a smykové charakteristiky plošných textilií

Ohybová tuhost se měřila pomocí systému KES-FB2, kde se vzorek upnul mezi čelisti. Jedna čelist byla nehybná, druhá se pohybovala. Výsledkem měření jsou ohybové charakteristiky. Tuhost v ohybu tkaniny B na jednotku délky je definována jako sklon přímky mezi křivostmi $K_{0,5}$ a $K_{1,5}$. Moment hystereze 2HB na jednotku délky je měřen mezi sklonem přímky u křivosti K_1 .

Plátňová vazba je charakteristická pravidelným provázáním osnovních a útkových nití, proto u ní dochází k velkému tření při ohybové deformaci. Z naměřených výsledků, viz tab. 9, vyplývá, že nejnižší hodnotu tuhosti v ohybu má materiál U1. Materiál U4 má jednu z nejvyšších hodnot tuhosti v ohybu. Je to způsobeno tloušťkou materiálu, kdy materiál potřebuje na vykonání ohybu více energie. U materiálu U3 je nejvyšší hodnota tuhosti v ohybu. Lze předpokládat, že má na to vliv úprava materiálu potiskováním, kde na lícni straně materiálu barvivo drží vlákna u sebe a tím je materiál tužší a méně poddajný. U bělených a barvených materiálů U2, U5 a U6 jsou hodnoty tuhosti v ohybu nižší. Může to být způsobeno porušením struktury nitě při úpravě.

Čím menší je hodnota momentu hystereze, tím více se předpokládá, že materiál se lépe zotaví a mačkovost materiálu bude menší. Všechny výsledky ohybových charakteristik jsou zaznamenány v příloze 8.

Tab. 9: Ohybové charakteristiky - tuhost v ohybu tkaniny B

CELKOVÁ		B-PLUS [x10 ⁻⁴ N.m/m]	B-MINUS [x10 ⁻⁴ N.m/m]	B-MEAN [x10 ⁻⁴ N.m/m]
U1	PRŮMĚR	0,0325	0,0326	0,0325
U2	PRŮMĚR	0,0408	0,0443	0,0425
U3	PRŮMĚR	0,0846	0,0987	0,0916
U4	PRŮMĚR	0,0780	0,1007	0,0894
U5	PRŮMĚR	0,0522	0,0600	0,0561
U6	PRŮMĚR	0,0630	0,0697	0,0663

Tuhost smyku se měřila pomocí systému KES-FB1, kde se vzorek upnul mezi dvě čelisti dlouhé 20 cm a vzdálené od sebe 5 cm. Přední čelist byla nehybná, zadní se pohybovala. Výsledkem měření jsou smykové charakteristiky, které jsou zaznamenány v příloze 8. Tuhost ve smyku G je měřená v rozmezí 0,5 ~ 2,5°, hystereze

smykové síly 2HG při smykovém úhlu $\pm 0,5^\circ$ a hystereze smykové síly 2HG5 při smykovém úhlu $\pm 5^\circ$. Při smykových charakteristikách se sledují třecí síly působící v rovině plochy, které vyvolávají deformaci.

Z naměřených výsledků v tab. 10 je viditelné téměř shodné pořadí výsledků jako u ohybové tuhosti. Nevyšší tuhost ve smyku dosáhnul materiál U3 a nejnižší tuhost ve smyku materiál U1.

Tab. 10: Smykové charakteristiky – tuhost smyku G

CELKOVÁ		G-PLUS[N/m/deg]	G-MINUS[N/m/deg]	G-MEAN[N/m/deg]
U1	PRŮMĚR	0,72	0,66	0,70
U2	PRŮMĚR	1,19	1,08	1,14
U3	PRŮMĚR	3,58	2,95	3,27
U4	PRŮMĚR	2,44	2,31	2,37
U5	PRŮMĚR	2,18	2,01	2,09
U6	PRŮMĚR	1,52	1,41	1,46

4.5 Vyhodnocení subjektivního hodnocení mačkovosti nošením

Mačkovost bavlněných materiálů byla hodnocena nošením kalhot. Kalhoty byly jednoduchého střihu, nebyly prané ani chemicky čištěné. Vyhodnocení nošení kalhot bylo na základě subjektivního hodnocení mačkovosti. Hodnotící byl obeznámen s problematikou mačkovosti a pomocí fotodokumentace určil pořadí kalhot, od nejvíc pomačkaných až po nejméně pomačkané. Ze získaných výsledků se určil medián ordinální škály a jeho 95% interval spolehlivosti, viz kapitola 3.

Subjektivní hodnocení je ve všeobecnosti spjaté s komplikacemi, protože každý hodnotitel se rozhoduje podle vlastního úsudku a nejsou dané přesné číselné hodnoty nebo výsledky. Názornou ukázkou jsou i vzniklé záhyby při nošení. Každý hodnotitel se může soustředit na jiný detail, na jiný stín vzniklý při záhybu. Porovnáním obrázků lze jasně vidět rozdíly při pomačkání. Kalhoty na obr. 31 mají výrazné ostré záhyby v různých směrech. Jsou také doprovázeny menšími nevýraznými tupými záhyby, které jsou nepravidelně uspořádané. Oproti tomu kalhoty na obr. 32 mají nepatrné množství ostrých a výrazných záhybů. Více u nich převládají tupé a jemnější záhyby.



Obr. 31: Výrazné pomačkání kalhot během nošení



Obr. 32: Pomačkání kalhot během nošení

Dalším problémem při hodnocení může být relaxace materiálu. Každý hodnotitel by měl mít stejné reálné vzorky materiálu, ale je obtížné dosáhnout stejných výsledků při opakovaném nošení. Proto jsou vytvářené etalony s fotografiemi, kde jsou jasně určené hranice pomačkání. Subjektivní hodnocení je založeno výlučně na oku odborníka, který by měl mít dostatek zkušeností a praxe ve zkoumané problematice.

Ze získaných výsledků se určilo následující pořadí mačkovitosti, kde hodnota 1 představuje nejvíce pomačkané kalhoty a hodnota 6 nejméně pomačkané kalhoty. Materiál U1 s hodnotou 1 se umístil na prvním místě, materiál U2 na druhém, materiál U4 na třetím, materiál U5 na čtvrtém místě, materiál U6 na předposledním místě a materiál U3 na posledním šestém místě. Materiál U1 je subjektivním ohodnocením považován za nejvíce mačkový a materiál U3 za nejméně mačkový.

Veškerá fotodokumentace nošených kalhot se nachází v příloze 10.

4.6 Vzájemné porovnání hodnotících metod

Měření mačkovitosti pomocí úhlu zotavení bylo hodnoceno dvěma metodami, a to normovanou metodou ČSN 80 0819 a pomocí inovované metody. Porovnáním výsledků obou metod se došlo k závěru, že se neshodují, viz tab. 11. Metoda UMAK vyhodnotila materiál U1 za nejlépe zotavený a materiál U5 za nejhůř zotavený. Pomocí inovované metody vyšly výsledky pro materiál U1 nepříznivě, protože se zotavil nejméně. Materiál U3 je touto metodou zhodnocen jako nejméně mačkový. Jenom v jediném případě vyšly průměrné hodnoty úhlu zotavení oběma metodami s téměř stejnou hodnotou úhlu zotavení, přibližně 112° , a to u materiálu U1. V žádném jiném případě se to už nezopakovalo.

Tab. 11: Celkové vyhodnocení inovované metody a metody UMAK

	Název sloupce	Průměr	Průměr LL-RR	Název sloupce	Průměr	Průměr LL-RR	Název sloupce	Průměr	Průměr LL-RR
Inovovaná (5min)	U1 - RR	119,03	112,9	U2 - RR	115,27	114,3	U3 - RR	122,19	121,5
	U1 - LL	106,86		U2 - LL	113,31		U3 - LL	120,80	
Umak (5min)	U1 - RR	100,2	101,2	U2 - RR	102,8	97,8	U3 - RR	90,5	92,1
	U1 - LL	102,2		U2 - LL	92,9		U3 - LL	93,8	
Umak (60min)	U1 - RR	110,6	112,2	U2 - RR	112,5	106,1	U3 - RR	99,6	102,2
	U1 - LL	113,9		U2 - LL	99,7		U3 - LL	104,8	
Inovovaná (5min)	U4 - RR	111,17	114,5	U5 - RR	120,03	116,1	U6 - RR	117,98	118,0
	U4 - LL	117,74		U5 - LL	112,22		U6 - LL	118,09	
Umak (5min)	U4 - RR	95,0	91,4	U5 - RR	92,3	93,6	U6 - RR	97,1	98,0
	U4 - LL	87,8		U5 - LL	95,0		U6 - LL	98,9	
Umak (60min)	U4 - RR	108,2	102,2	U5 - RR	99,1	99,8	U6 - RR	104,8	105,9
	U4 - LL	96,2		U5 - LL	100,5		U6 - LL	107,1	

Vzájemným porovnáním hodnotících metod pomocí tab. 12 lze vidět rozdílné výsledky u všech metod hodnocení. Protože hodnocení mačkavosti je založené na konečném výsledku při nošení, bral se ohled na výsledky subjektivního hodnocení nošením kalhot. Nejlepším materiálem, který se nejméně mačkal při nošení, byl určen materiál U3. Nejvíce mačkovým materiálem je U1. Jak je vidět, shodné výsledky dosáhlo měření pomocí inovované metody. Lze předpokládat, že tato metoda splňuje hodnocení mačkavosti. Výhodou této metody je měření úhlu zotavení v různých směrech a ne jenom ve směru osnovy a útku. Při nošení se materiály mačkaly ve všech směrech, jak je vidět na fotografiích v příloze 10, nebo na polárních diagramech v kapitole 4. 3. 2, proto metoda UMAK nesplňuje požadavky při hodnocení, když je měření jenom ve směru osnovy a útku. Hodnocení pomocí kvalitního čísla K ukazuje, že materiál U1 má nejhorší výsledek a materiál U6 nejlepší. Ve výsledku se kvalitní číslo K přibližuje výsledným hodnotám subjektivního hodnocení pomocí nošení.

Tab. 12: Vzájemné porovnání hodnotících metod mačkavosti

	UMAK		INOVOVANÁ	Nošení	K
	5 minut	60 minut			
U1	6	6	1	1	1
U2	4	5	2	2	3
U3	2	3	6	6	4
U4	1	2	3	3	2
U5	3	1	4	4	5
U6	5	4	5	5	6

U metody nošení, inovované metody a pomocí kvalitního čísla K se výsledky shodují v závěru na tom, že nejvíc se mačká materiál U1, kdežto metoda UMAK udává přesný opak. Kromě metody UMAK si jsou metody blízké.

5 Závěr

Cílem práce bylo zjišťování anizotropních vlastností u bavlněných tkanin, které byly upravovány finálními úpravami. Porovnávaly se rezné, bělené a barvené materiály a určoval se stupeň pomačkání. Anizotropie mačkavosti plošných materiálů byla hodnocena novou inovovanou metodou měření úhlu zotavení pomocí web kamery.

Teoretická část diplomové práce byla zaměřená na rešeršní zpracování hodnocení mačkavosti. Zkoumány byly parametry ovlivňující mačkavost ve vztahu vlákno-příze-
tkanina a následně vliv úprav na mačkavost bavlněných textilií. Metody hodnocení mačkavosti plošných textilií jsou rozděleny do čtyř skupin: vizuální, měření vzdálenosti okrajů, úhlové a speciální metody. Největší pozornost se soustřeďuje na současné hodnocení mačkavosti plošných textilií pomocí metod úhlu zotavení. V diplomové práci se také rozebírá subjektivní hodnocení mačkavosti nošením podle Saltera.

Experimentální část diplomové práce byla navržena na základě měření úhlu zotavení. Jako normovaná metoda byla zvolena metoda UMAK. Druhá metoda měření pomocí úhlu zotavení byla inovovaná metoda, která pro získávání dat využívá web kameru. Kamera je propojená s počítačem a zaznamenává pomocí snímků úhel zotavení už od první sekundy po odstranění závaží. Snímky byly následně pomocí programu Nis Elements AR použity pro vyhodnocení úhlu zotavení. Úhel zotavení byl měřen nejen ve směru osnovy a útku, ale také v dalších diagonálních směrech vždy po 30°. Jak ukazuje experiment nošením, výsledky z metody UMAK neodpovídají reálnému nošení, naopak výsledky z inovované metody jsou shodné se subjektivním hodnocením nošením, viz kapitola 4.6.

Z provedeného měření lze konstatovat následující závěry:

- nejvíc mačkavý je materiál U1,
- nejméně mačkavý je materiál U3,
- anizotropii mačkavosti vykazovaly materiály U1, U2 a U3,
- izotropie mačkavosti se projevila u materiálů U4, U5 a U6,
- metoda UMAK nepopisuje reálné nošení, což potvrdil experiment nošením,
- nejlepší shoda s experimentem nošením byla prokázána inovovanou metodou,
- v experimentu nošením je patrné, že mačkavost je anizotropní vlastnost, kterou lze pozorovat na přiložených fotografiích v příloze 10 (záhyby se tvoří ve všech směrech).

V práci byl zjišťován podíl deformací vzniklých při pomačkání materiálu. Působením síly se na materiálech projevíly elastické, vyskoelastické a plastické deformace. Procento elastické deformace se u zkoumaných materiálů pohybovalo v rozmezí 40 – 50%, vyskoelastické deformace v rozmezí 15 – 21% a plastické deformace 33 - 41%.

V této práci se potvrdily výsledky dosavadních publikací, které testují úhlovou metodu UMAK, z čeho plyne, že tato metoda nevystihuje přesně reálné chování materiálu při pomačkání. Inovační kroky byly opodstatněné a přispěly k lepším výsledkům simulace reálného nošení oděvu.

Ověření inovované metody měření úhlu zotavení pomocí web kamery se v této práci ubíralo jiným směrem, než bylo dosud zkoumáno. Byly porovnávány tři stejné bavlněné materiály s různou finální úpravou u dvou sad materiálů. Každá sada materiálů byla s různou dostavou. Zjistilo se, že finální úprava materiálu má vliv na mačkavost. Upravené materiály se mačkají méně, než rezné.

Dále bych doporučila změřit mačkavost i u jiných druhů materiálů s finálními úpravami, které v této práci nebyly použité. Možnost změřit vliv pracího cyklu u použitých materiálů by mohl být také náplní dalšího zkoumání, protože praní je běžnou součástí manipulace s oděvem.

Literatura

1. ČSN 80 0819. *Zkoušení mačkavosti tkanin*. Praha : ÚN, 1961.
2. ČSN 80 0871. *Stanovení mačkavosti pomocí dutého válce*. Praha : ÚNM, 1987.
3. **Kovačič, V.** *Textilní zkušebnictví - díl II*. Liberec : TUL, 2003.
4. **Zelová, K.** K problematice mačkavosti plošných textilií. *SVOČ*. Liberec , 2009.
5. **Staněk, J.** Deformace oděvních textilií. *Kandidátská disertační práce*. Liberec, 1981.
6. **Merati, A. a Patir, H.** Anisotropy in wrinkle properties of woven fabric. *Journal of the Textile Institute*. 2011, Sv. I.
7. **Sobue, H. a Murakami, K.** Rheological Interpretation of the Mechanism of Crease Recovery of Fiber. *Textile Research Journal*. 1959.
8. **Sochor, B.** Mačkavost tkanin a její měření. [autor knihy] J. Danielis a kol. *Nová technika měření a zkoušení v textilní průmyslu*. Praha : STNL, 1957.
9. **Hofbauerová, H.** Deformace tkaniny při biaxiálním namáhání v tahu. *Diplomová práce*. Liberec, 1979.
10. **Omeroglu, S.** Comparison of bending, rapability and crease recovery behaviors of woven fabrics. *Textile Research Journal*. 2010.
11. **Behera, B. K. a Mishra, R.** Effect of crease behaviour, drape and formability on appearance of light weight worsted suiting fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2007, 32.
12. **Kopečná, M.** Deformační vlastnosti oděvní textilie. *Diplomová práce*. Liberec : autor neznámý, 1979.
13. *Creasing behavior of some woven materials made from combed yarn type wool – an experimental investigation*. **Hristian, L., Lupu, I. G. a Cramariuc, O.** Gabrovo : International Scientific Conference, 2010.
14. **Pastrnek, R. a Vlach, P.** *Finální úpravy textilií*. Liberec : TUL, 2002.
15. **Wiener, J., Průšová, M. a Kryštůfek, J.** Chemicko- textilní rozbor. Liberec : TUL, 2008.
16. **Macháňová, D.** Předúprava textilií I. Liberec : TUL, 2005.
17. **Wiener, J. a Kryštůfek, J.** Barvení textilií I. Liberec, 2005.

-
18. **Staněk, J.** Vlastnosti délkových a plošných textilií. *Náuka o textilních materiálech*. Liberec, 1988.
19. **Fleissing, J. a Pešová, Z.** Hodnocení mačkovosti textilií. *Textil*. 1975, Sv. 30, 4.
20. **Hu, J., Xin, B. a Yan, H.** Measuring and Modeling 3D Wrinkles in Fabrics. *Textile Research Journal*. 2002, 72.
21. **Mirjalili, S. A. a Ekhtiyari, E.** Wrinkle Assessment of Fabric Using Image Processing. *Fibres & Textiles*. 2010, Sv. 18, 5.
22. **Kang, T. J., Cho, D. H. a Whang, H. S.** A New Objective Method of Measuring Fabric Wrinkles Using a 3-D Projecting Grid Technique. *Textile Research Journal*. 1999, 69.
23. **Matsudaira, M., Han, J. a Yang, M.** Objective Evaluation Method for Appearance of Fabric Wrinkling Replica by Image Processing System. 2001.
24. **Yang, X. B. a Huang, X. B.** Evaluating Fabric Wrinkle Degree with a Photometric Stereo Method. *Textile Research Journal*. 2003, 73.
25. **Yu, W., Yao, M. a Xu, B.** 3-D Surface Reconstruction and Evaluation of Wrinkled Fabrics by Stereo Vision. *Textile Research Journal*. 2009, 79.
26. **Lyne, R. R., Lako, J. a Veer, L. S.** THE ASSESSMENT OF CREASE-RESISTANCE AND CREASE-RECOVERY. *Journal of the Textile Institute Proceedings*. 2009.
27. **Fléglová, Z.** Stanovení mačkovosti. [Online] [Citace: 7.. 12. 2012.] <<http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/cvi%C4%8Den%C3%AD/MACKAVOST1.pdf>>
28. ČSN EN 22 313 (80 0820). *Zjišťování mačkovosti - schopnost zotavení horizontálně složeného vzorku měřením úhlu zotavení*. Praha : ČNI, 1994.
29. **Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д., Пертопавловский Д.Г.** Практикум по материаловедению швейного производства. Москва : Издательский центр "Академия", 2003.
30. **Fridrichová, L. a Zelová, K.** Objective evaluation of multidirectional fabric leasing. *Journal of the Textile Institute*. 102, 2011.
31. **Grmelová, V.** Deformace plošné textilie při neortodoxním způsobu namáhání. *Diplomová práce*. Liberec, 1977.
32. **Salter, C.J. a Rocznik, A.F.** Lightweight wool garment wrinkle performance. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 1998, Sv. 10, 1.

33. *Několik poznámek k využití KES soustavy.* **Sodomka, L. a Dudíková, M.** Praha, 2007.
34. **Kawabata, S., Postle, R. a Masako, N.** *Objective specification of fabric quality, mechanical properties and performance.* Kyoto Japan : autor neznámý, 1982.
35. **Dudová, M.** Vliv anizotropie ohybové tuhosti na splývavost tkanin. *Diplomová práce.* Liberec, 2012.
36. **Zelová, K.** Rukopis disertační práce. 2013.
37. **Sommer, H. a Winkler, F.** *Die Prüfung der Textilien. Handbuch der Werkstoffprüfung.* Berlin : autor neznámý, 1960.

Seznam obrázků

Obr. 1: Nabobtnání vlákna ve vodě [14].....	18
Obr. 2: Obnovené vodíkové můstky po sušení [14]	18
Obr. 3: Metoda skládaného proužku [3]	22
Obr. 4: Zkoušení mačkovosti pomocí dutého válce.....	23
Obr. 5:Přístroj UMAK [27]	26
Obr. 6: Odběr vzorků z materiálu [28]	27
Obr. 7: Přístroj pro měření úhlu zotavení [28].....	27
Obr. 8: Maďarský přístroj T.K.I. [8].....	28
Obr. 9: Rozměry a tvar vzorku [8].....	28
Obr. 10: Přístroj CMT [29]	28
Obr. 11: Velikost vzorku pro měření na přístroji CMT [29]	28
Obr. 13: Schéma postupu při nošení podle Saltera [32]	31
Obr. 13: Přístroj UMAK	34
Obr. 14: Pojízdna měřicí hlava	34
Obr. 15: Upínací čelist	34
Obr. 17: Tvary zotavení materiálů podle ČSN 80 0819[1].....	35
Obr. 17: Schéma uspořádání vzorků na materiálu	37
Obr. 18: Schéma experimentu	38
Obr. 19: Pracovní plocha programu Nis Elements AR.....	38
Obr. 20: Způsoby měření úhlu zotavení	38
Obr. 21: Přístroj KES-FB1.....	39
Obr. 22: Detail čelistí přístroje KES-FB1.....	39
Obr. 23: Přístroj KES-FB2.....	40
Obr. 24: Vložený vzorek mezi čelistmi přístroje KES-FB2	40
Obr. 26: Technický náčrt kalhot.....	41
Obr. 26: Polární diagram textilií U1-LL, U2-LL a U3-LL v první a třetí sekundě.....	44
Obr. 27: Polární diagram textilií U1-RR, U2-RR a U3-RR v první a třetí sekundě	45
Obr. 28: Polární diagram textilií U4-LL, U5-LL a U6-LL v první a třetí sekundě.....	45
Obr. 29: Polární diagram textilií U4-RR, U5-RR a U6-RR v první a třetí sekundě	46
Obr. 30: Křivka zotavení materiálů U1-U6 u L-L měření	46
Obr. 31: Výrazné pomačkání kalhot během nošení	52
Obr. 32: Pomačkání kalhot během nošení	52

Seznam tabulek

Tab. 1: Hodnocení nemačkovosti textilií metodou IN-2 [19]	24
Tab. 2: Charakteristika použitých materiálů	33
Tab. 3: Délka přeložení materiálu v závislosti na plošné hmotnosti [1]	35
Tab. 4: Metoda UMAK	42
Tab. 5: Inovovaná metoda úhlu zotavení pomocí web kamery- základní statistické výsledky	47
Tab. 6: Podíl deformací	47
Tab. 7: Kvalitní číslo K	49
Tab. 8: Porovnání dvou výběrů mezi materiály U1-LL a U2-LL	49
Tab. 9: Ohybové charakteristiky - tuhost v ohybu tkaniny B	50
Tab. 10: Smykové charakteristiky – tuhost smyku G	51
Tab. 11: Celkové vyhodnocení inovované metody a metody UMAK	53
Tab. 12: Vzájemné porovnání hodnotících metod mačkovosti	53

Seznam grafů

Graf 1: Porovnání hodnot úhlu zotavení metodou UMAK po 5 a 60 minutách	43
Graf 2: Podíl deformací	48

PŘÍLOHA

Příloha 1: Vyhodnocení výsledků z přístroje KES-FB3**Tabulka 1: KES-FB3**

	LC(-)	WC(gf/cm)	RC(%)	TM(mm)	T0(mm)	INT(-)	BINT(-)	GAP(mm)
U1	0,251	0,18	37,52	0,26	0,55	1,81	0,68	0,67
U2	0,299	0,26	39,39	0,29	0,63	2,57	1,01	0,73
U3	0,249	0,13	42,70	0,22	0,44	1,34	0,57	0,57
U4	0,200	0,19	127,65	0,36	0,74	1,90	1,17	0,87
U5	0,228	0,17	74,61	0,37	0,66	1,69	0,94	0,78
U6	0,175	0,13	108,20	0,31	0,61	1,29	0,74	0,75

Příloha 2: Zaznamenané hodnoty z metody UMAK

Tabulka 2: Materiál U1- metoda UMAK

Materiál U1									
Směr	Čas	Složení	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Var. koef. [%]
osnova	5min	LL	95,5	91,8	99,4	92	100	9,3	3,2
		RR	105	98,1	112,3	96	110,5	32,7	5,4
	60min	LL	110,7	104,3	117,7	105,5	119	29,5	4,9
		RR	115,7	107,9	124,1	104,5	121,5	42,5	5,6
útek	5min	LL	108,8	105,0	113,4	106	114,5	11,7	3,1
		RR	95,3	78,1	113,1	78,5	110	199,3	14,8
	60min	LL	117	111,5	123,3	111,5	122,5	22,3	4,0
		RR	105,4	89,1	122,1	89,5	118	176,3	12,6

Tabulka 3: Materiál U2- metoda UMAK

Materiál U2									
Směr	Čas	Složení	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Var. koef. [%]
osnova	5min	LL	89,2	80,3	98,5	81,5	101,0	53,3	8,2
		RR	99,8	95,1	104,9	96,5	106,0	15,5	3,9
	60min	LL	95,8	87,6	104,8	89,0	106,5	47,7	7,2
		RR	106,2	102,0	110,8	104,0	111,5	12,8	3,4
útek	5min	LL	96,5	88,0	105,6	88,0	105,0	50,2	7,3
		RR	105,8	97,6	114,4	99,0	114,5	45,5	6,4
	60min	LL	103,6	94,2	113,8	95,5	113,0	62,5	7,6
		RR	118,8	107,6	130,8	106,5	131,5	87,7	7,9

Tabulka 4: Materiál U3- metoda UMAK

Materiál U3									
Směr	Čas	Složení	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Var. koef. [%]
osnova	5min	LL	91,7	85,6	98,4	84,0	97,0	26,5	5,6
		RR	85,9	82,7	89,3	83,0	89,5	7,0	3,1
	60min	LL	102,3	96,9	108,3	96,0	106,5	20,8	4,5
		RR	94,7	90,7	99,3	92,0	99,5	12,0	3,7
útek	5min	LL	95,8	90,4	101,6	91,5	102,5	20,5	4,7
		RR	95,0	87,5	103,3	88,5	102,5	40,3	6,7
	60min	LL	107,2	102,4	112,8	102,5	113,5	17,3	3,9
		RR	104,5	97,4	112,2	98,5	112,5	35,2	5,7

Tabulka 5: Materiál U4- metoda UMAK

Materiál U4									
Směr	Čas	Složení	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Var. koef. [%]
osnova	5min	LL	85,5	75,5	96,1	72,5	93,5	68,2	9,7
		RR	89,5	81,8	97,4	80,0	97,0	39,8	7,0
	60min	LL	93,8	84,4	104,0	80,5	99,5	61,7	8,4
		RR	98,6	88,7	109,3	87,5	111,0	68,5	8,4
útek	5min	LL	90,1	82,4	98,4	80,5	97,0	41,8	7,2
		RR	100,4	93,8	107,4	92,0	107,0	30,3	5,5
	60min	LL	98,5	90,3	107,3	89,0	104,5	47,2	7,0
		RR	117,7	98,7	137,3	98,5	140,5	241,0	13,2

Tabulka 6: Materiál U5- metoda UMAK

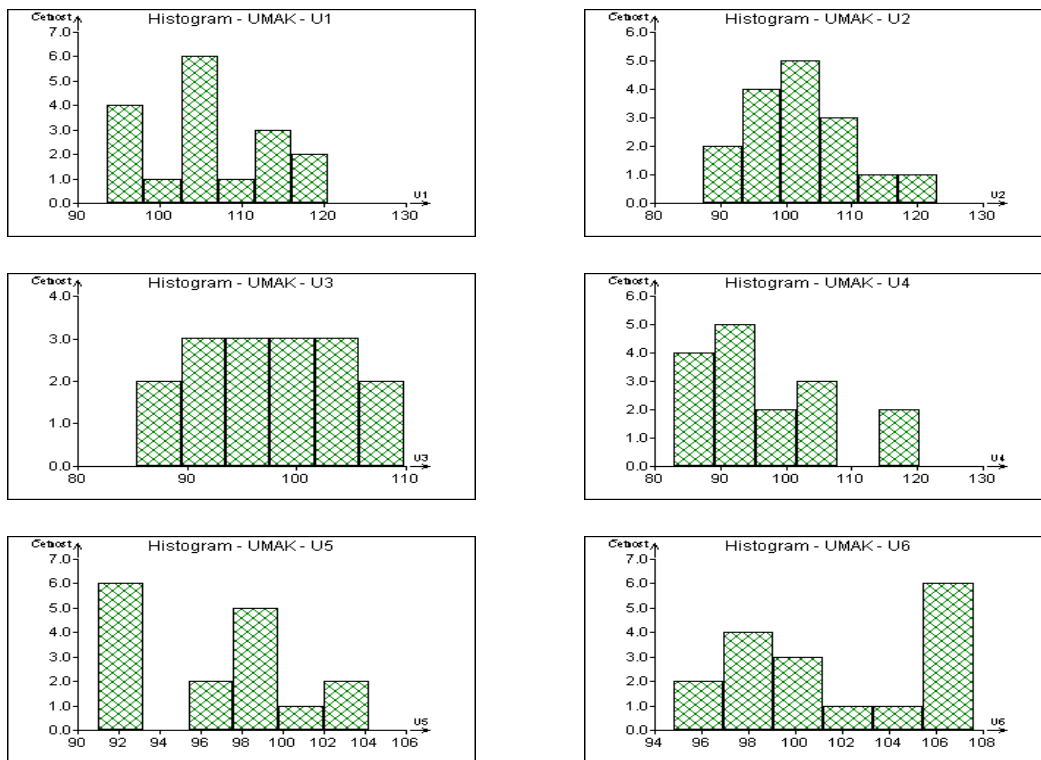
Materiál U5									
Směr	Čas	Složení	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Var. koef. [%]
osnova	5min	LL	91,0	86,9	95,5	85,0	93,0	12,2	3,8
		RR	92,2	87,4	97,4	87,0	97,5	16,3	4,4
	60min	LL	97,2	93,5	100,9	92,0	99,0	8,7	3,0
		RR	98,7	93,0	105,0	93,0	105,5	23,5	4,9
útek	5min	LL	98,9	93,0	105,4	94,5	106,0	25,2	5,1
		RR	92,4	88,0	96,8	87,0	96,0	12,3	3,8
	60min	LL	103,7	98,4	109,6	101,0	111,5	20,5	4,4
		RR	99,4	95,6	103,6	95,0	103,0	10,3	3,2

Tabulka 7: Materiál U6- metoda UMAK

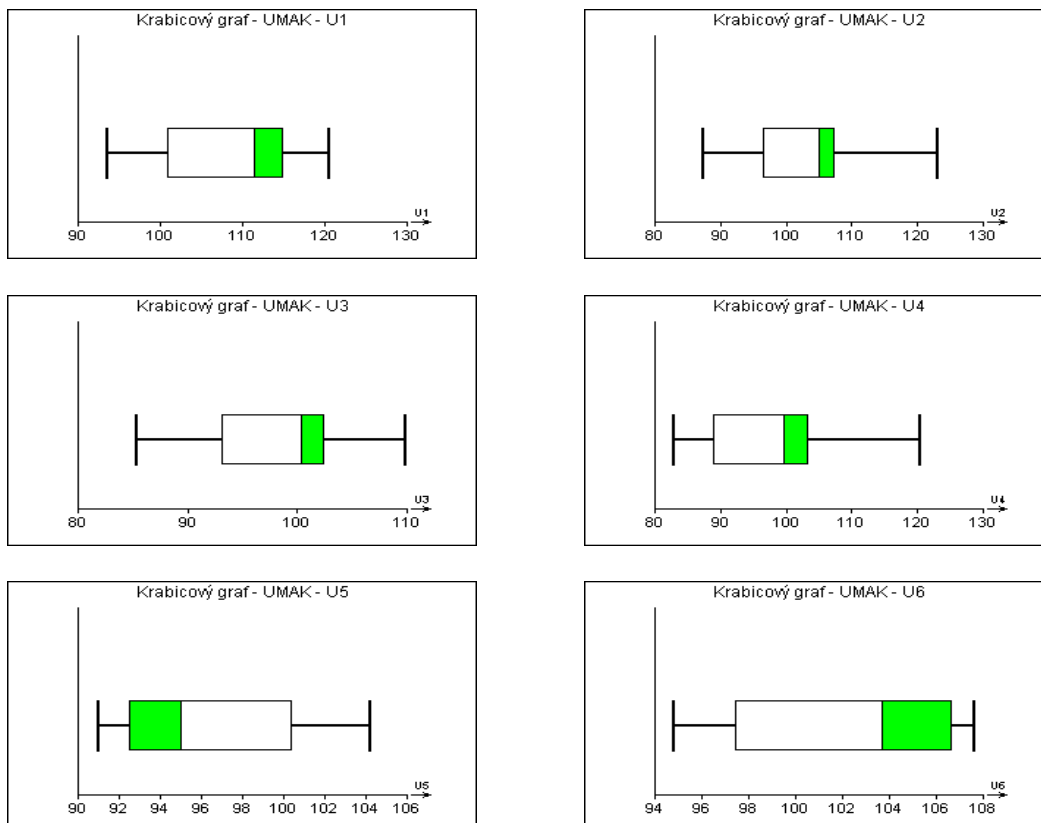
Materiál U6									
Směr	Čas	Složení	Průměr	Spodní mez	Horní mez	Min	Max	Rozptyl	Var. koef. [%]
osnova	5min	LL	98,7	93,2	104,8	91,0	102,5	22,0	4,8
		RR	98,4	93,6	103,6	92,0	102,5	16,3	4,1
	60min	LL	106,8	101,7	111,9	100,0	110,0	17,2	3,9
		RR	105,4	99,9	110,9	99,0	111,0	19,3	4,2
útek	5min	LL	99,1	93,0	105,4	92,0	105,0	24,7	5,0
		RR	95,7	93,0	98,6	93,0	98,0	5,2	2,4
	60min	LL	107,4	100,9	114,3	100,5	114,0	29,3	5,0
		RR	104,1	101,2	107,2	101,0	107,0	5,7	2,3

Příloha 3: Statistické vyhodnocení metody UMAK pomocí grafů

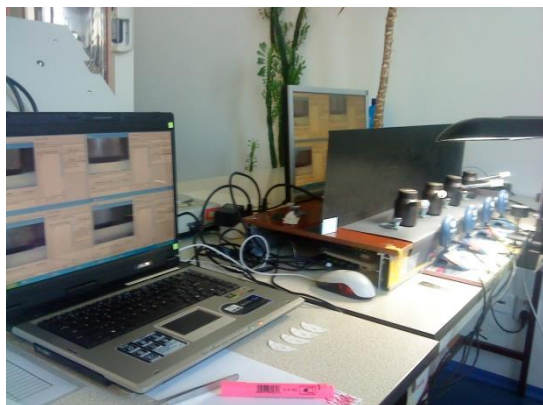
Tabulka 8: Histogramy četností materiálů U1-U6 metoda UMAK



Tabulka 9: Krabicové grafy materiálů U1-U6 metoda UMAK



Příloha 4: Postup měření inovovanou metodou



Obrázek 1: Pracovní prostředí pro měření inovovanou metodou



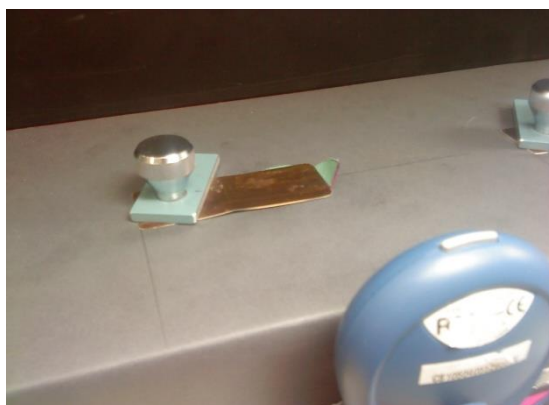
Obrázek 2: Vkládání vzorku materiálu pomocí pinzety



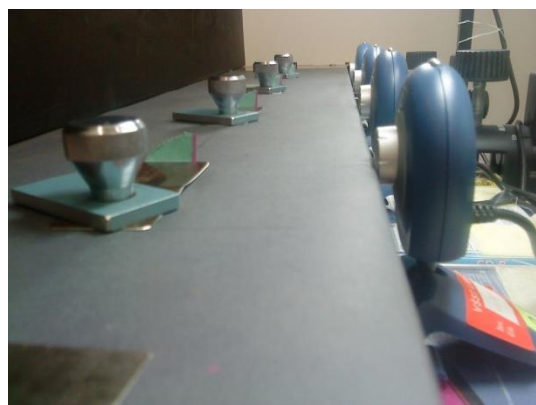
Obrázek 3: Vzorky přichystané k měření



Obrázek 4: Postupné ukládání závaží



Obrázek 5: Snímání zotavení materiálu pomocí web kamery



Obrázek 6: Snímání zotavení materiálů najednou 4 web kamerami

Příloha 5: Zaznamenané hodnoty z inovované metody hodnocení mačkovosti pomocí web kamery

Tabulka 10: Materiál U1-LL - průměrné hodnoty úhlů zotavení pomocí inovované metody hodnocení mačkovosti

U1	$\Theta\alpha$ [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Θ [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	62,21	83,78	86,00	79,06	70,79	65,98	74,38	73,26	72,12	74,33	72,15	68,60	73,55
2	70,17	89,04	91,23	85,70	77,31	71,23	81,33	79,10	78,50	80,37	78,99	74,70	79,81
3	73,36	92,09	94,14	89,40	79,97	74,61	83,97	82,74	82,74	83,23	81,67	78,71	83,05
4	75,54	93,96	96,04	91,50	81,72	76,54	85,99	85,28	85,03	85,57	83,46	81,38	85,17
5	77,31	95,54	97,56	93,47	83,09	78,30	87,61	87,15	87,17	87,19	84,92	83,60	86,91
6	78,66	96,72	98,84	95,03	84,12	80,04	89,15	88,84	88,75	88,54	86,10	84,70	88,29
7	79,74	97,90	99,97	96,14	84,89	81,30	90,52	90,09	89,97	89,98	87,31	85,89	89,47
8	80,67	98,93	100,81	97,23	85,75	82,15	91,79	91,02	90,92	90,93	88,11	86,87	90,43
9	81,43	99,77	101,63	97,88	86,44	83,06	92,59	91,84	91,87	91,90	88,66	87,74	91,23
10	82,29	100,25	102,20	98,48	87,15	83,78	93,47	92,30	92,57	92,56	89,26	88,52	91,90
15	84,91	102,61	104,55	100,52	89,43	86,19	95,96	95,06	95,15	94,64	91,45	90,64	94,26
20	86,09	103,82	105,40	101,60	90,34	87,48	97,46	96,50	96,34	95,88	92,21	91,91	95,42
25	87,52	105,02	106,46	102,61	91,24	88,60	98,89	97,51	97,60	96,73	93,20	92,83	96,52
30	88,71	105,80	107,09	103,62	91,87	89,66	99,96	98,61	98,64	97,64	93,87	93,87	97,44
35	89,81	106,71	107,80	104,53	92,67	90,33	100,93	99,86	99,36	98,49	94,52	94,94	98,33
40	90,87	107,46	108,59	105,32	93,41	91,10	101,74	100,88	100,66	99,08	95,21	95,82	99,18
45	91,73	108,26	109,22	105,91	94,21	91,88	102,46	101,60	101,50	99,89	95,86	96,69	99,93
50	92,38	108,95	109,62	106,52	95,03	92,37	102,84	102,34	102,35	100,58	96,44	97,42	100,57
55	92,96	109,49	110,25	107,19	95,55	93,08	103,38	102,92	103,08	101,21	96,85	98,08	101,17
60	93,57	110,04	110,74	107,62	96,22	93,63	103,83	103,59	103,60	101,76	97,41	98,58	101,71
120	96,63	112,48	113,35	110,15	98,40	96,01	106,06	106,30	106,73	104,50	99,72	100,79	104,26
180	97,86	113,72	114,28	111,01	99,27	97,46	107,02	107,33	107,78	105,68	100,70	101,69	105,32
240	98,70	114,46	115,14	111,78	99,82	98,59	107,95	108,18	108,62	106,32	101,66	102,60	106,15
300	99,34	115,16	115,76	112,53	100,41	99,43	108,74	109,05	109,34	106,87	102,47	103,25	106,86

Tabulka 11: Materiál U2-LL - průměrné hodnoty úhlů zotavení pomocí inovované metody hodnocení mačkovosti

U2	$\Theta\alpha$ [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	Θ [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	75,97	83,95	82,68	77,35	91,30	84,41	76,95	78,14	78,69	85,91	103,00	93,45	84,32
2	81,47	88,74	88,24	83,05	94,88	89,47	81,69	83,42	85,38	90,57	106,70	98,54	89,35
3	84,40	91,31	90,82	85,87	97,26	92,53	85,31	86,07	88,16	93,54	109,44	101,30	92,17
4	86,20	92,91	92,83	88,03	98,85	94,48	87,29	87,94	90,33	95,84	110,96	103,03	94,06
5	87,64	94,19	94,13	89,34	100,33	95,83	88,89	89,30	91,60	97,42	112,12	104,84	95,47
6	88,77	95,26	95,13	90,34	101,59	97,12	90,26	90,31	92,70	98,70	113,44	105,98	96,63
7	89,66	96,03	96,29	91,45	102,57	97,98	91,12	91,44	93,74	99,92	114,60	107,06	97,66
8	90,81	96,71	97,13	92,31	103,44	98,84	91,99	92,21	94,67	100,83	115,41	108,02	98,53
9	91,59	97,30	97,99	93,04	104,11	99,66	92,49	92,91	95,36	101,75	116,11	108,74	99,25
10	92,34	98,02	98,71	93,79	104,91	100,38	93,14	93,48	96,03	102,13	116,70	109,42	99,92
15	93,85	99,26	100,58	95,20	105,94	101,83	94,72	94,76	97,80	103,65	117,83	110,68	101,34
20	95,20	100,39	101,92	97,15	107,04	102,73	96,02	95,81	98,91	104,99	119,05	111,98	102,60
25	96,44	101,25	103,26	98,86	107,96	103,78	97,43	96,96	100,20	106,60	120,01	113,23	103,83
30	97,21	102,07	104,12	100,24	108,78	104,68	98,36	97,55	101,18	107,64	120,92	114,01	104,73
35	98,07	102,88	105,09	101,07	109,42	105,60	99,23	98,27	102,23	108,56	121,54	114,87	105,57
40	98,75	103,54	105,62	101,90	110,42	106,41	99,96	98,90	103,01	109,40	122,00	115,47	106,28
45	99,30	104,18	106,15	102,82	110,88	107,01	100,60	99,65	103,56	110,04	122,75	115,91	106,90
50	99,72	104,70	106,70	103,42	111,53	107,57	101,29	100,04	104,18	110,67	123,11	116,57	107,46
55	100,26	104,96	107,22	103,95	112,11	108,08	101,78	100,38	104,57	111,16	123,65	117,01	107,93
60	100,62	105,41	107,69	104,45	112,72	108,43	102,07	100,76	105,19	111,65	123,96	117,60	108,38
120	102,68	107,03	109,24	106,73	114,34	110,12	103,76	102,38	107,23	113,67	125,18	119,38	110,15
180	104,34	108,21	110,80	108,43	115,50	111,32	105,26	103,47	108,55	115,01	126,15	120,52	111,46
240	105,53	108,92	111,99	109,65	116,57	112,44	106,30	104,32	109,66	116,12	126,84	121,50	112,49
300	106,13	109,64	112,66	110,58	117,39	113,39	107,00	104,95	110,60	117,16	127,64	122,53	113,31

Tabulka 12: Materiál U3-LL - průměrné hodnoty úhlů zotavení pomocí inovované metody hodnocení mačkovosti

U3	α [°]												α [°]
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	72,24	78,23	83,92	82,02	85,95	88,67	73,09	82,19	85,31	80,30	90,95	87,25	82,51
2	81,32	85,18	93,32	91,50	94,19	94,77	80,25	89,93	94,03	88,25	98,47	94,10	90,44
3	85,28	89,01	97,14	95,37	97,53	99,67	83,93	93,35	97,47	92,00	102,08	97,27	94,17
4	88,01	91,19	99,95	97,89	99,59	102,20	86,53	95,51	100,06	94,43	104,86	99,37	96,63
5	89,99	93,12	101,94	99,94	101,50	103,98	88,51	97,44	102,04	96,21	106,84	101,32	98,57
6	91,32	94,74	103,45	101,60	103,09	105,46	90,04	98,72	103,34	97,70	108,51	102,62	100,05
7	92,47	95,76	104,68	102,72	104,12	106,83	91,29	99,69	104,64	98,93	109,52	103,84	101,21
8	93,68	96,74	105,69	103,88	105,14	107,93	92,51	100,96	105,69	99,95	110,32	104,73	102,27
9	94,77	97,51	106,53	105,06	105,96	108,90	93,24	101,75	106,53	100,96	111,19	105,68	103,17
10	95,54	98,04	107,36	105,75	106,68	109,87	93,82	102,50	107,24	101,54	111,92	106,56	103,90
15	97,97	100,16	110,00	108,27	109,57	112,45	96,23	105,42	110,09	104,17	114,75	109,10	106,51
20	99,87	101,58	111,62	109,92	110,87	113,96	97,73	106,81	111,63	105,67	115,98	110,53	108,01
25	101,37	102,71	113,13	111,43	112,28	115,08	98,90	107,90	112,90	107,07	117,28	111,60	109,30
30	102,68	103,94	114,54	112,59	113,10	116,03	99,88	108,71	113,91	108,49	118,45	112,60	110,41
35	103,68	104,97	115,48	113,66	114,05	116,87	100,84	109,45	115,01	109,35	119,36	113,60	111,36
40	104,64	105,88	116,26	114,43	114,77	117,58	101,66	110,28	115,87	110,31	120,30	114,27	112,19
45	105,42	106,41	116,91	115,17	115,64	118,17	102,19	111,00	116,56	111,06	120,98	115,00	112,87
50	106,04	107,10	117,55	115,86	116,33	118,61	102,74	111,62	117,23	111,72	121,76	115,57	113,51
55	106,67	107,59	118,07	116,47	116,79	119,32	103,22	112,28	117,75	112,34	122,29	116,14	114,08
60	107,30	108,34	118,40	117,01	117,49	119,84	103,76	112,72	118,26	112,89	122,85	116,73	114,63
120	109,80	110,63	120,88	119,91	120,02	122,48	106,18	115,72	120,60	115,94	125,46	119,60	117,27
180	111,62	112,03	122,42	121,60	121,16	124,03	107,74	117,02	121,80	117,66	126,56	120,80	118,70
240	112,70	113,33	123,61	122,93	122,44	124,82	108,83	118,13	122,77	119,17	127,69	121,62	119,84
300	113,78	114,22	124,65	124,15	123,75	125,63	109,58	119,06	123,63	120,36	128,34	122,40	120,80

Tabulka 13: Materiál U4-LL - průměrné hodnoty úhlů zotavení pomocí inovované metody hodnocení mačkovosti

U4	α [°]												α [°]
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	74,02	82,08	83,60	75,05	86,89	76,11	70,21	79,04	84,13	73,90	86,08	84,77	79,66
2	80,54	87,94	90,09	80,76	92,68	79,63	75,75	83,65	89,04	79,94	91,84	89,81	85,14
3	83,91	90,55	92,78	84,47	95,81	81,89	78,94	86,46	91,72	83,48	94,83	92,47	88,11
4	86,27	92,70	94,68	86,68	98,06	84,29	81,28	88,46	93,84	85,75	96,70	94,51	90,27
5	87,68	94,29	96,13	88,28	99,88	86,11	83,37	90,05	95,23	87,63	98,21	95,90	91,90
6	89,06	95,52	97,37	89,76	100,93	87,57	84,88	91,39	96,68	89,22	99,55	97,11	93,25
7	90,14	96,41	98,52	90,95	102,07	88,48	86,53	92,44	97,69	90,50	100,65	97,95	94,36
8	91,12	97,27	99,47	91,92	103,01	89,22	87,81	93,34	98,64	91,57	101,58	98,62	95,30
9	92,14	98,02	100,10	92,66	104,02	90,03	88,64	94,02	99,36	92,39	102,26	99,28	96,08
10	93,17	98,77	100,63	93,35	104,74	90,89	89,43	94,78	99,88	93,00	103,02	99,85	96,79
15	95,66	101,07	102,84	95,67	106,83	92,80	92,22	96,84	102,40	95,55	105,42	101,99	99,11
20	97,13	102,37	104,07	96,93	107,71	94,00	93,56	98,18	103,66	97,20	106,70	103,02	100,38
25	98,48	103,60	105,09	98,08	108,56	94,86	94,60	99,49	104,65	98,34	107,78	103,99	101,46
30	99,68	104,59	106,16	99,01	109,19	95,63	95,58	100,71	105,68	99,42	108,73	104,72	102,42
35	100,78	105,37	106,98	100,27	109,81	96,21	96,39	101,38	106,54	100,39	109,64	105,44	103,27
40	101,68	106,16	107,81	101,24	110,65	96,88	97,25	102,32	107,26	101,56	110,41	106,16	104,11
45	102,50	106,74	108,75	101,87	111,48	97,32	98,09	103,02	108,14	102,30	110,98	106,72	104,83
50	103,31	107,53	109,55	102,71	112,10	97,80	98,70	103,37	108,70	102,93	111,50	107,22	105,45
55	103,85	108,11	110,17	103,20	112,61	98,41	99,34	103,98	109,30	103,41	112,03	107,64	106,00
60	104,30	108,65	110,76	103,79	113,09	98,86	99,83	104,70	109,85	103,85	112,51	108,09	106,52
120	106,98	110,70	113,34	105,83	115,17	100,41	101,92	106,57	111,71	106,12	114,54	109,81	108,59
180	108,37	111,86	114,52	107,02	115,91	101,27	102,93	107,54	112,72	107,22	115,65	110,79	109,65
240	109,34	112,77	115,61	107,73	116,76	101,93	103,94	108,35	113,53	108,32	116,34	111,54	110,51
300	110,18	113,62	116,25	108,33	117,32	102,47	104,69	109,00	114,08	109,17	116,88	112,10	111,17

Tabulka 14: Materiál U5-LL - průměrné hodnoty úhlů zotavení pomocí inovované metody hodnocení mačkovosti

U5	α [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	α [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	74,92	72,99	88,96	80,76	92,64	83,94	82,64	82,17	83,67	90,50	97,96	92,21	85,28
2	80,44	75,69	93,79	88,11	95,36	88,74	87,18	84,63	90,32	94,45	100,59	95,50	89,57
3	83,71	77,60	96,23	91,02	97,28	91,07	89,90	87,11	92,90	96,80	102,20	97,86	91,97
4	85,89	79,11	98,27	93,09	98,83	93,51	91,51	88,73	94,62	98,33	103,40	99,85	93,76
5	87,52	80,61	99,83	94,57	100,20	95,64	92,88	90,05	95,80	99,94	104,66	101,52	95,27
6	88,73	81,45	100,89	96,01	101,62	97,26	93,85	91,22	96,98	101,09	105,78	102,64	96,46
7	89,90	82,34	101,98	97,05	102,73	98,46	94,67	92,12	97,89	102,29	106,60	103,65	97,47
8	90,70	83,00	102,76	98,19	103,66	99,59	95,45	92,94	98,61	103,14	107,41	104,51	98,33
9	91,43	84,01	103,52	98,91	104,55	100,54	96,19	93,58	99,08	103,99	108,20	105,23	99,10
10	92,07	84,77	104,14	99,73	105,30	101,27	96,66	94,22	99,84	104,68	108,88	105,82	99,78
15	94,34	86,46	106,12	102,11	107,12	103,18	98,29	95,83	101,57	106,76	110,56	107,68	101,67
20	95,67	87,33	107,36	103,17	108,22	104,43	99,27	96,63	102,64	107,70	111,28	108,53	102,69
25	96,75	87,90	108,22	104,00	109,19	105,55	100,12	97,60	103,55	108,63	111,88	109,26	103,55
30	97,61	88,62	109,00	104,93	110,12	106,56	100,88	98,39	104,35	109,45	112,61	110,04	104,38
35	98,53	89,40	109,58	105,56	110,93	107,33	101,68	99,02	105,16	110,15	113,26	110,75	105,11
40	99,22	90,14	110,14	106,21	111,62	108,05	102,24	99,53	105,79	110,62	113,90	111,34	105,73
45	99,87	90,52	110,69	106,98	112,23	108,71	102,85	99,93	106,50	111,15	114,32	111,96	106,31
50	100,35	91,22	111,34	107,40	112,64	109,26	103,31	100,48	107,12	111,69	114,80	112,58	106,85
55	100,82	91,73	111,89	107,89	113,24	109,94	103,78	100,96	107,57	112,21	115,36	112,98	107,36
60	101,22	92,41	112,31	108,33	113,85	110,36	104,28	101,49	108,10	112,65	115,83	113,28	107,84
120	103,47	94,92	114,51	110,33	115,70	111,88	106,04	103,13	110,38	114,35	117,47	115,29	109,79
180	104,54	95,97	115,55	111,41	116,94	112,81	106,91	104,12	111,62	115,30	118,25	116,30	110,81
240	105,28	96,75	116,24	112,16	117,85	113,61	107,68	104,90	112,49	116,09	118,98	116,96	111,58
300	105,96	97,45	116,92	112,87	118,69	114,26	108,16	105,46	113,08	116,69	119,50	117,61	112,22

Tabulka 15: Materiál U6-LL - průměrné hodnoty úhlů zotavení pomocí inovované metody hodnocení mačkovosti

U6	α [°]												
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	α [°]
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	79,74	96,59	97,53	91,21	102,75	93,32	76,25	88,73	93,94	87,31	93,83	90,46	90,97
2	85,14	99,72	101,22	95,40	105,48	96,74	82,67	91,77	97,47	91,27	96,76	93,69	94,78
3	88,52	101,94	103,83	98,19	108,05	99,33	86,19	94,18	99,32	93,82	98,88	96,30	97,38
4	90,81	103,83	105,71	99,77	109,69	101,38	88,47	95,92	100,84	95,43	100,68	98,38	99,24
5	92,51	105,19	107,03	101,17	110,82	102,79	90,20	97,26	102,02	96,86	101,96	99,94	100,64
6	93,84	106,33	108,36	102,38	112,05	103,98	91,11	98,07	103,16	97,84	103,39	101,39	101,82
7	94,92	107,08	109,50	103,41	113,01	104,99	92,09	98,82	104,13	98,86	104,44	102,54	102,82
8	95,73	107,82	110,37	104,32	113,79	105,72	92,88	99,51	105,03	99,87	105,22	103,61	103,66
9	96,37	108,40	111,21	104,96	114,47	106,16	93,72	99,87	105,61	100,57	105,87	104,46	104,31
10	96,83	109,16	112,09	105,61	115,14	106,89	94,28	100,34	106,29	101,29	106,41	105,21	104,96
15	99,23	111,40	114,56	107,72	116,97	108,95	96,22	102,20	108,71	103,34	108,36	107,36	107,08
20	100,49	112,43	115,51	109,07	117,58	110,40	97,30	103,13	109,61	104,20	109,22	108,26	108,10
25	101,51	113,24	116,55	109,99	118,28	111,27	98,12	104,02	110,39	105,09	110,09	109,14	108,97
30	102,53	114,05	117,32	110,97	118,93	111,97	98,96	104,78	111,10	105,91	110,84	109,86	109,77
35	103,77	114,85	118,02	111,81	119,51	112,78	99,84	105,48	111,80	106,71	111,43	110,56	110,55
40	104,45	115,41	118,49	112,43	120,04	113,53	100,75	105,86	112,47	107,42	112,18	111,22	111,19
45	105,20	116,07	119,28	112,96	120,54	114,22	101,70	106,51	113,12	108,11	112,73	112,00	111,87
50	105,78	116,77	119,90	113,43	121,18	114,71	102,20	107,05	113,55	108,68	113,33	112,50	112,42
55	106,47	117,20	120,45	113,99	121,58	115,11	102,86	107,45	114,11	109,23	113,85	113,12	112,95
60	106,92	117,71	121,05	114,38	122,05	115,50	103,27	107,91	114,55	109,74	114,32	113,59	113,42
120	109,75	119,81	123,25	116,59	123,95	117,65	105,59	110,15	117,37	111,64	116,54	116,06	115,70
180	110,61	120,77	124,25	117,69	124,71	118,53	106,35	110,99	118,24	112,44	117,31	116,90	116,56
240	111,53	121,40	124,89	118,25	125,37	119,13	107,03	111,68	118,77	113,17	117,99	117,55	117,23
300	112,25	121,78	125,52	118,73	125,94	119,77	107,62	112,34	119,25	113,68	118,60	118,15	117,80

Tabulka 16: Materiál U1-RR - průměrné hodnoty úhlů zotavení pomocí inovované metody hodnocení mačkovosti

U1	Θ_{α} [°]												Θ [°]
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	85,49	91,29	87,63	82,38	95,56	88,29	89,55	92,49	87,35	81,09	85,97	89,27	88,03
60	114,02	114,61	113,44	109,91	118,90	114,33	113,57	114,15	113,11	107,77	107,80	112,37	112,83
300	120,95	120,31	119,82	115,96	124,00	120,43	118,97	119,99	119,88	113,31	112,68	117,97	118,69

Tabulka 17: Materiál U2-RR - průměrné hodnoty úhlů zotavení pomocí inovované metody hodnocení mačkovosti

U2	Θ_{α} [°]												Θ [°]
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	83,60	86,34	89,26	77,82	104,49	90,31	83,41	84,54	92,32	86,09	101,13	93,57	89,41
60	108,23	106,37	111,52	101,40	119,62	110,37	105,32	103,85	115,60	111,05	117,52	113,64	110,37
300	113,18	110,92	116,05	107,75	124,26	115,38	109,85	107,78	120,99	117,06	121,72	117,55	115,21

Tabulka 18: Materiál U3-RR - průměrné hodnoty úhlů zotavení pomocí inovované metody hodnocení mačkovosti

U3	Θ_{α} [°]												Θ [°]
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	75,65	79,88	80,29	81,42	93,72	85,81	80,10	82,83	84,75	83,71	92,45	88,36	84,08
60	107,69	110,62	113,72	115,96	123,93	117,92	109,96	111,75	114,75	114,88	126,02	118,34	115,46
300	114,70	116,46	120,60	122,84	129,59	123,91	116,18	117,58	121,07	122,09	132,70	124,63	121,86

Tabulka 19: Materiál U4-RR - průměrné hodnoty úhlů zotavení pomocí inovované metody hodnocení mačkovosti

U4	Θ_{α} [°]												Θ [°]
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	74,26	82,66	90,46	84,82	88,25	82,03	78,46	84,14	98,55	85,69	89,40	85,84	85,38
60	102,67	109,44	117,59	113,97	114,46	105,63	106,27	109,40	124,08	112,56	113,55	112,56	111,84
300	109,26	115,07	122,02	119,17	118,99	110,78	111,82	114,43	129,29	117,86	118,26	117,26	117,02

Tabulka 20: Materiál U5-RR - průměrné hodnoty úhlů zotavení pomocí inovované metody hodnocení mačkovosti

U5	Θ_{α} [°]												Θ [°]
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	90,45	86,37	98,87	96,87	110,81	96,74	91,65	95,03	94,57	93,52	101,91	94,43	95,93
60	112,26	105,71	118,22	119,13	126,32	118,47	113,37	109,81	115,14	117,52	117,78	114,07	115,65
300	116,67	110,00	122,03	123,62	129,27	122,51	117,09	113,90	118,69	121,99	122,03	118,93	119,73

Tabulka 21: Materiál U6-RR - průměrné hodnoty úhlů zotavení pomocí inovované metody hodnocení mačkovosti

U6	Θ_{α} [°]												Θ [°]
t [s]	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	85,57	95,06	98,07	88,31	93,08	89,90	81,33	94,65	101,13	86,04	94,82	96,96	92,08
60	107,30	114,17	119,55	112,21	114,51	113,26	104,90	114,95	119,72	107,99	114,50	116,42	113,29
300	111,80	119,03	123,81	117,33	118,61	117,76	109,42	119,39	124,64	113,61	118,63	121,74	117,98

Příloha 6: Statistické vyhodnocení inovované metody hodnocení mačkavosti - ANOVA

Test významnosti celkového vlivu faktoru :							
Závěr	Teoretický	Vypočítaný	Pravděpodobnost				
Významný	1,80014568	27,25514009	7,92361E-49				
Párové porovnávání dvojic úrovní							
Scheffého metoda							
Srovnávaná dvojice	Rozdíl	Významnost	Pravděpodobnost	Srovnávaná dvojice	Rozdíl	Významnost	Pravděpodobnost
U1-LL - U2-LL	-6,44347222	Významný	0,003836686	U4-LL - U2-RR	-4,098126984	Nevýznamný	0,436341197
U1-LL - U3-LL	-13,9343056	Významný	8,86484E-21	U4-LL - U3-RR	-11,01410628	Významný	7,30333E-12
U1-LL - U4-LL	-4,31263889	Nevýznamný	0,331581239	U4-LL - U4-RR	-6,566478632	Významný	0,004401583
U1-LL - U5-LL	-5,35694444	Nevýznamný	0,059051695	U4-LL - U5-RR	-8,855555556	Významný	4,32992E-07
U1-LL - U6-LL	-11,2300254	Významný	1,24202E-12	U4-LL - U6-RR	-6,805972222	Významný	0,001255127
U1-LL - U1-RR	-12,1654672	Významný	1,44089E-14	U5-LL - U6-LL	-5,873080986	Významný	0,019068229
U1-LL - U2-RR	-8,41076587	Významný	3,6235E-06	U5-LL - U1-RR	-6,808522727	Významný	0,0019992
U1-LL - U3-RR	-15,3267452	Významný	6,04878E-25	U5-LL - U2-RR	-3,053821429	Nevýznamný	0,861621431
U1-LL - U4-RR	-10,8791175	Významný	4,18834E-11	U5-LL - U3-RR	-9,969800725	Významný	2,4444E-09
U1-LL - U5-RR	-13,1681944	Významný	3,41987E-18	U5-LL - U4-RR	-5,522173077	Nevýznamný	0,056363093
U1-LL - U6-RR	-11,1186111	Významný	1,92534E-12	U5-LL - U5-RR	-7,81125	Významný	3,78213E-05
U2-LL - U3-LL	-7,49083333	Významný	0,000116211	U5-LL - U6-RR	-5,761666667	Významný	0,023808283
U2-LL - U4-LL	2,13083333	Nevýznamný	0,989996383	U6-LL - U1-RR	-0,935441741	Nevýznamný	0,999997502
U2-LL - U5-LL	1,08652778	Nevýznamný	0,999984446	U6-LL - U2-RR	2,819259557	Nevýznamný	0,91966317
U2-LL - U6-LL	-4,78655321	Nevýznamný	0,173940131	U6-LL - U3-RR	-4,096719739	Nevýznamný	0,449960772
U2-LL - U1-RR	-5,72199495	Významný	0,035070533	U6-LL - U4-RR	0,350907909	Nevýznamný	1
U2-LL - U2-RR	-1,96729365	Nevýznamný	0,995300899	U6-LL - U5-RR	-1,938169014	Nevýznamný	0,995881891
U2-LL - U3-RR	-8,88327295	Významný	5,12288E-07	U6-LL - U6-RR	0,111414319	Nevýznamný	1

U2-LL - U4-RR	-4,4356453	Nevýznamný	0,328257427	U1-RR - U2-RR	3,754701299	Nevýznamný	0,629664772
U2-LL - U5-RR	-6,72472222	Významný	0,001751664	U1-RR - U3-RR	-3,161277997	Nevýznamný	0,853615392
U2-LL - U6-RR	-4,67513889	Nevýznamný	0,201609625	U1-RR - U4-RR	1,28634965	Nevýznamný	0,999946032
U3-LL - U4-LL	9,62166667	Významný	8,66125E-09	U1-RR - U5-RR	-1,002727273	Nevýznamný	0,999994823
U3-LL - U5-LL	8,57736111	Významný	1,33837E-06	U1-RR - U6-RR	1,046856061	Nevýznamný	0,999991599
U3-LL - U6-LL	2,70428013	Nevýznamný	0,936892823	U2-RR - U3-RR	-6,915979296	Významný	0,00130157
U3-LL - U1-RR	1,76883838	Nevýznamný	0,998445818	U2-RR - U4-RR	-2,468351648	Nevýznamný	0,974507874
U3-LL - U2-RR	5,52353968	Významný	0,044989068	U2-RR - U5-RR	-4,757428571	Nevýznamný	0,191847309
U3-LL - U3-RR	-1,39243961	Nevýznamný	0,999827337	U2-RR - U6-RR	-2,707845238	Nevýznamný	0,937901667
U3-LL - U4-RR	3,05518803	Nevýznamný	0,876893267	U3-RR - U4-RR	4,447627648	Nevýznamný	0,34145094
U3-LL - U5-RR	0,76611111	Nevýznamný	0,99999962	U3-RR - U5-RR	2,158550725	Nevýznamný	0,990103194
U3-LL - U6-RR	2,81569444	Nevýznamný	0,914415092	U3-RR - U6-RR	4,208134058	Nevýznamný	0,394675925
U4-LL - U5-LL	-1,04430556	Nevýznamný	0,999989681	U4-RR - U5-RR	-2,289076923	Nevýznamný	0,985761207
U4-LL - U6-LL	-6,91738654	Významný	0,000945192	U4-RR - U6-RR	-0,23949359	Nevýznamný	1
U4-LL - U1-RR	-7,85282828	Významný	5,66559E-05	U5-RR - U6-RR	2,049583333	Nevýznamný	0,993049589

Příloha 7: Statistické vyhodnocení inovované metody hodnocení mačkovosti – porovnání dvou výběrů

Porovnání dvou výběrů			
Hladina významnosti :	0,05		
Porovnávané sloupce :	U1-LL U2-LL		U2-LL U3-LL
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů :	1,211084652		1,540961587
Kritická hodnota :	1,467435401		1,467435401
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ		Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,194445801		0,032526805
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly			
t-statistika :	4,319586398		5,284022157
Kritická hodnota :	1,976810994		1,977560777
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ		Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	2,91914E-05		4,89842E-07
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test			
Diference DF :	0,305555556		0,388888889
Kritická hodnota :	0,226350253		0,226350253
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ		Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávané sloupce :	U1-LL U3-LL		U2-LL U4-LL
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů :	1,272381402		1,671903041
Kritická hodnota :	1,467435401		1,467435401
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ		Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,144058044		0,014692253
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly			
t-statistika :	10,39389349		1,526800585
Kritická hodnota :	1,976810994		1,977825758
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ		Průměry jsou SHODNÉ
Pravděpodobnost :	3,61437E-19		0,129167557
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test			
Diference DF :	0,597222222		0,166666667
Kritická hodnota :	0,226350253		0,226350253
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ		Rozdělení jsou SHODNÁ
Porovnávané sloupce :	U1-LL U4-LL		U2-LL U5-LL
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů :	1,38050056		1,054459466
Kritická hodnota :	1,467435401		1,467435401
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ		Rozptyly jsou SHODNÉ

Pravděpodobnost :	0,081496753	0,37984485
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly		
t-statistika :	3,273799919	0,70509012
Kritická hodnota :	1,976810994	1,976810994
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou SHODNÉ
Pravděpodobnost :	0,001332856	0,481909101
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test		
Diference DF :	0,263888889	0,111111111
Kritická hodnota :	0,226350253	0,226350253
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ	Rozdělení jsou SHODNÁ
Porovnávané sloupce :	U1-LL U5-LL	U2-LL U6-LL
Test shody rozptylů		
Poměr rozptylů :	1,148535995	1,825235885
Kritická hodnota :	1,467435401	1,469926243
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,258714778	0,005786959
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly		
t-statistika :	3,643096832	3,476264622
Kritická hodnota :	1,976810994	1,978238539
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,000376819	0,000690221
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test		
Diference DF :	0,305555556	0,316510172
Kritická hodnota :	0,226350253	0,227145862
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávané sloupce :	U1-LL U6-LL	U2-LL U1-RR
Test shody rozptylů		
Poměr rozptylů :	1,507108427	4,087673898
Kritická hodnota :	1,469926243	1,483490165
Závěr :	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,040353559	1,66108E-08
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly		
t-statistika :	8,655154754	4,604874091
Kritická hodnota :	1,977560777	1,982597262
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	1,24568E-14	1,15239E-05
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test		
Diference DF :	0,566901408	0,444444444
Kritická hodnota :	0,227145862	0,23143741
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávané sloupce :	U1-LL U1-RR	U2-LL U2-RR
Test shody rozptylů		

Poměr rozptylů :	3,375217324		1,728358175
Kritická hodnota :	1,483490165		1,472486854
Závěr :	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ		Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	7,04491E-07		0,010908536
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly			
t-statistika :	10,5423892		1,410947535
Kritická hodnota :	1,981371815		1,978098842
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ		Průměry jsou SHODNÉ
Pravděpodobnost :	1,81808E-18		0,160612565
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test			
Difference DF :	0,672979798		0,199206349
Kritická hodnota :	0,23143741		0,227961307
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ		Rozdělení jsou SHODNÁ
Porovnávané sloupce :	U1-LL U2-RR		U2-LL U3-RR
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů :	1,427115909		2,3897005
Kritická hodnota :	1,472486854		1,475120254
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ		Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,064509693		0,000177349
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly			
t-statistika :	6,375576059		6,713270924
Kritická hodnota :	1,97705372		1,979599878
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ		Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	2,46988E-09		6,38002E-10
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test			
Difference DF :	0,449603175		0,495169082
Kritická hodnota :	0,227961307		0,228797353
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ		Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávané sloupce :	U1-LL U3-RR		U2-LL U4-RR
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů :	1,97319031		2,848858427
Kritická hodnota :	1,475120254		1,48644872
Závěr :	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ		Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,00244939		1,54709E-05
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly			
t-statistika :	12,35650114		3,409349417
Kritická hodnota :	1,97867085		1,980447599
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ		Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	1,42081E-23		0,000894081
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test			
Difference DF :	0,717995169		0,366025641
Kritická hodnota :	0,228797353		0,2323644
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ		Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ

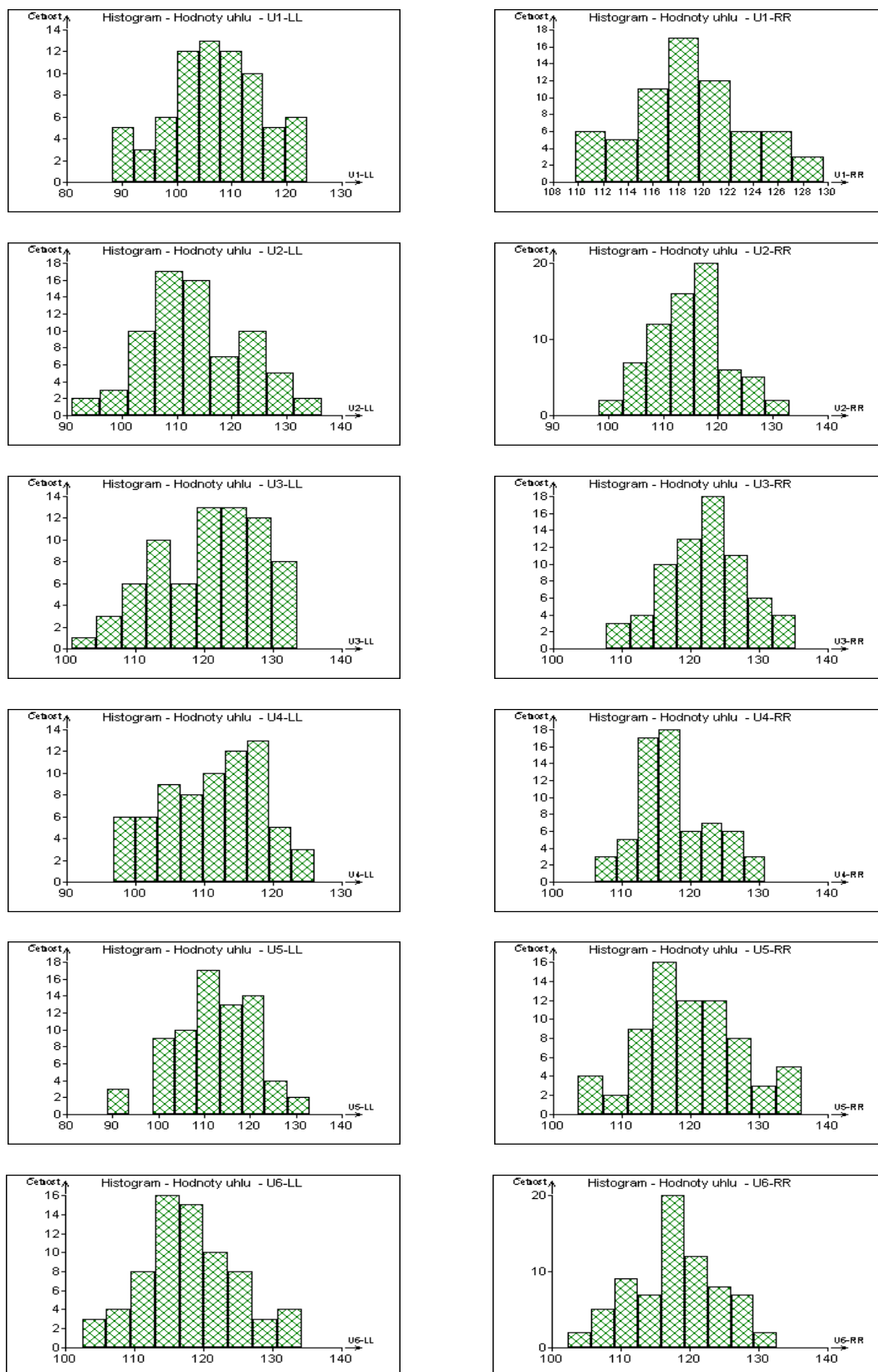
Porovnávání sloupce :	U1-LL U4-RR	U2-LL U5-RR
Test shody rozptylů		
Poměr rozptylů :	2,352319817	1,655601929
Kritická hodnota :	1,48644872	1,469926243
Závěr :	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,00029208	0,016624908
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly		
t-statistika :	8,941861335	4,796890703
Kritická hodnota :	1,979438685	1,977825758
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	4,75355E-15	4,23145E-06
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test		
Difference DF :	0,626923077	0,399061033
Kritická hodnota :	0,2323644	0,227145862
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávání sloupce :	U1-LL U5-RR	U2-LL U6-RR
Test shody rozptylů		
Poměr rozptylů :	1,367040633	1,948818638
Kritická hodnota :	1,469926243	1,467435401
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,088600955	0,002537969
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly		
t-statistika :	9,935196356	3,442657652
Kritická hodnota :	1,976931489	1,978524491
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	5,85197E-18	0,000777115
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test		
Difference DF :	0,636737089	0,333333333
Kritická hodnota :	0,227145862	0,226350253
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávání sloupce :	U1-LL U6-RR	U4-LL U5-LL
Test shody rozptylů		
Poměr rozptylů :	1,609151462	1,585554584
Kritická hodnota :	1,467435401	1,467435401
Závěr :	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,021589506	0,024906104
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly		
t-statistika :	8,704107506	0,760665844
Kritická hodnota :	1,977692277	1,976810994
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou SHODNÉ
Pravděpodobnost :	9,86919E-15	0,448117918
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test		
Difference DF :	0,555555556	0,166666667
Kritická hodnota :	0,226350253	0,226350253

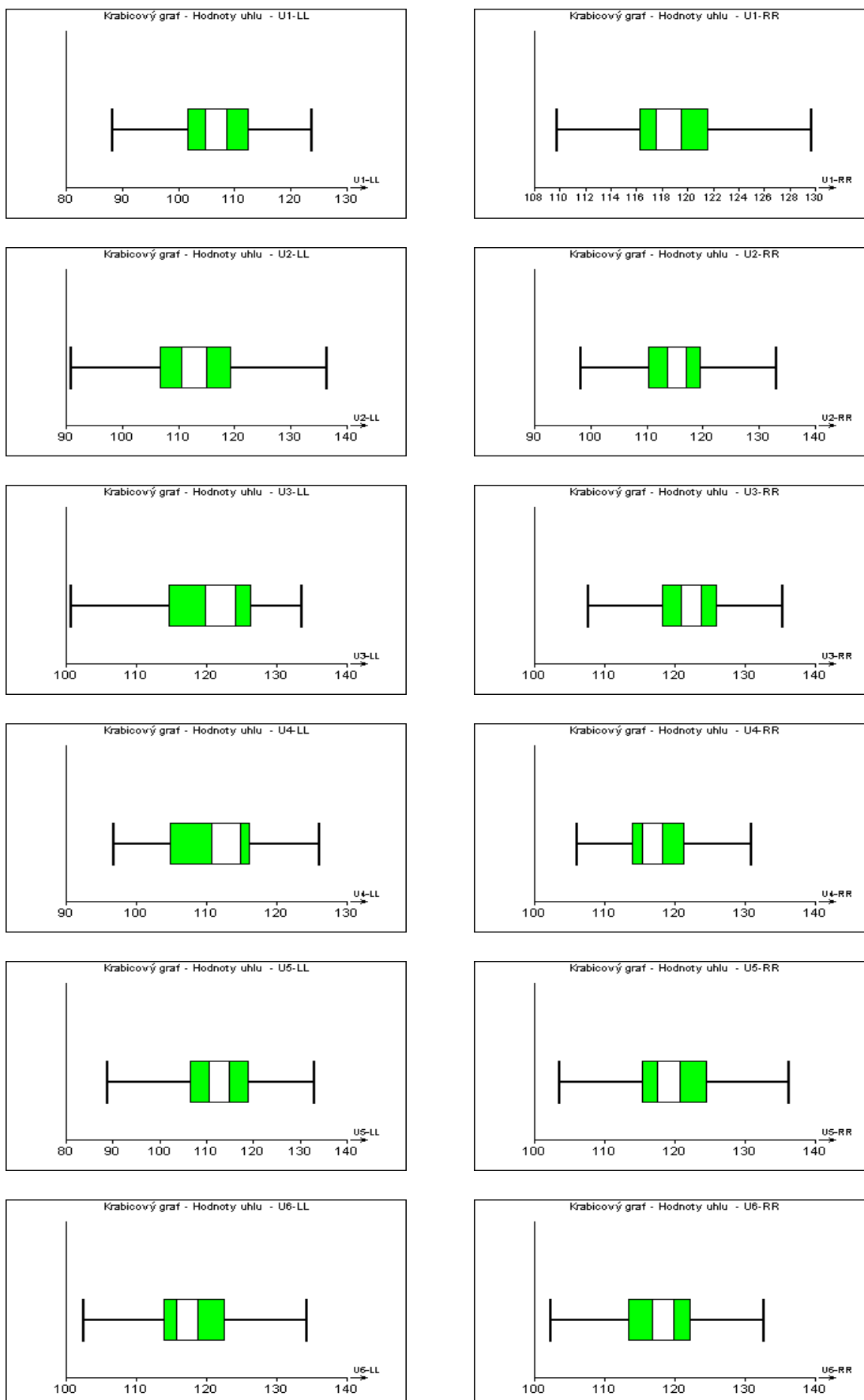
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ	Rozdělení jsou SHODNÁ
Porovnávané sloupce :	U3-LL U4-LL	U4-LL U6-LL
Test shody rozptylů		
Poměr rozptylů :	1,08497386	1,091711565
Kritická hodnota :	1,467435401	1,469926243
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ	Rozptyly jsou SHODNÉ
Pravděpodobnost :	0,337543835	0,329231805
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly		
t-statistika :	7,804465818	5,831723496
Kritická hodnota :	1,976810994	1,976931489
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	1,18452E-12	3,58662E-08
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test		
Diference DF :	0,527777778	0,358176839
Kritická hodnota :	0,226350253	0,227145862
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávané sloupce :	U3-LL U5-LL	U4-LL U4-RR
Test shody rozptylů		
Poměr rozptylů :	1,461375839	1,703961508
Kritická hodnota :	1,467435401	1,48644872
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,051770574	0,014486589
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly		
t-statistika :	6,147496262	5,987212667
Kritická hodnota :	1,976810994	1,978098842
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	7,53115E-09	1,89878E-08
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test		
Diference DF :	0,430555556	0,378418803
Kritická hodnota :	0,226350253	0,2323644
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávané sloupce :	U3-LL U6-LL	U4-LL U5-RR
Test shody rozptylů		
Poměr rozptylů :	1,18447851	1,009846033
Kritická hodnota :	1,469926243	1,469013516
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ	Rozptyly jsou SHODNÉ
Pravděpodobnost :	0,221081893	0,445786907
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly		
t-statistika :	2,230596734	7,290566883
Kritická hodnota :	1,976931489	1,976931489
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ	Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,027287512	2,02321E-11
Test dobré shody rozdělení		

dvouvýběrový K-S test			
Diference DF :	0,286776213		0,495892019
Kritická hodnota :	0,227145862		0,227145862
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ		Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávané sloupce :			
U3-LL U3-RR			U4-LL U6-RR
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů :	1,55078525		1,165628982
Kritická hodnota :	1,475120254		1,467435401
Závěr :	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ		Rozptyly jsou SHODNÉ
Pravděpodobnost :	0,032399899		0,239824082
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly			
t-statistika :	1,210538769		5,848190301
Kritická hodnota :	1,977692277		1,976810994
Závěr :	Průměry jsou SHODNÉ		Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,228187357		3,27414E-08
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test			
Diference DF :	0,176328502		0,458333333
Kritická hodnota :	0,228797353		0,226350253
Závěr :	Rozdělení jsou SHODNÁ		Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávané sloupce :			
U3-LL U4-RR			U5-LL U6-LL
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů :	1,848753695		1,730968277
Kritická hodnota :	1,48644872		1,469926243
Závěr :	Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ		Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,006137598		0,010447032
Test shody průměrů pro ROZDÍLNÉ rozptyly			
t-statistika :	2,71660216		4,337982324
Kritická hodnota :	1,978380405		1,978098842
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ		Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,007493765		2,83376E-05
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test			
Diference DF :	0,30042735		0,343309859
Kritická hodnota :	0,2323644		0,227145862
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ		Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávané sloupce :			
U3-LL U5-RR			U5-LL U5-RR
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů :	1,074395328		1,570095374
Kritická hodnota :	1,469926243		1,469926243
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ		Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,352492847		0,027853767
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly			
t-statistika :	0,617707007		5,663367813
Kritická hodnota :	1,976931489		1,977692277
Závěr :	Průměry jsou SHODNÉ		Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,537764863		8,57268E-08

Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test			
Diference DF :	0,147300469		0,413341158
Kritická hodnota :	0,227145862		0,227145862
Závěr :	Rozdělení jsou SHODNÁ		Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávané sloupce :	U3-LL U6-RR		U5-LL U6-RR
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů :	1,264676975		1,848168375
Kritická hodnota :	1,467435401		1,467435401
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ		Rozptyly jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,149742266		0,004843086
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly			
t-statistika :	2,365950984		4,317065625
Kritická hodnota :	1,976810994		1,978380405
Závěr :	Průměry jsou ROZDÍLNÉ		Průměry jsou ROZDÍLNÉ
Pravděpodobnost :	0,019334864		3,10836E-05
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test			
Diference DF :	0,263888889		0,361111111
Kritická hodnota :	0,226350253		0,226350253
Závěr :	Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ		Rozdělení jsou ROZDÍLNÁ
Porovnávané sloupce :	U6-LL U6-RR		
Test shody rozptylů			
Poměr rozptylů :	1,067707826		
Kritická hodnota :	1,469013516		
Závěr :	Rozptyly jsou SHODNÉ		
Pravděpodobnost :	0,36129602		
Test shody průměrů pro SHODNÉ rozptyly			
t-statistika :	0,097644181		
Kritická hodnota :	1,976931489		
Závěr :	Průměry jsou SHODNÉ		
Pravděpodobnost :	0,922353506		
Test dobré shody rozdělení dvouvýběrový K-S test			
Diference DF :	0,146126761		
Kritická hodnota :	0,227145862		
Závěr :	Rozdělení jsou SHODNÁ		

Tabulka 22: Histogram četnosti u materiálů U1-U6



Tabulka 23: Krabicové grafy materiálů U1-U6

Příloha 8: Vyhodnocení výsledků z přístroje KES-FB – ohybová tuhost

Tabulka 24: KES-FB- ohybová tuhost

CELKOVÁ		B-PLUS [x10 ⁻⁴ N.m/m]	B-MINUS [x10 ⁻⁴ N.m/m]	B-MEAN [x10 ⁻⁴ N.m/m]	2HB-PLUS [x10 ⁻² N.m/m]	2HB-MINUS [x10 ⁻² N.m/m]	2HB-MEAN [x10 ⁻² N.m/m]
U1	PRŮMĚR O/U	0,0325	0,0326	0,0325	0,0276	0,0310	0,0293
U2	PRŮMĚR	0,0408	0,0443	0,0425	0,0377	0,0421	0,0399
U3	PRŮMĚR	0,0846	0,0987	0,0916	0,1473	0,1281	0,1377
U4	PRŮMĚR	0,0780	0,1007	0,0894	0,1481	0,1510	0,1496
U5	PRŮMĚR	0,0522	0,0600	0,0561	0,0761	0,0800	0,0780
U6	PRŮMĚR	0,0630	0,0697	0,0663	0,0603	0,0618	0,0611

Příloha 9: Vyhodnocení výsledků z přístroje KES-FB – smykové charakteristiky

Tabulka 25: KES-FB- smykové charakteristiky

CELKOVÁ		G-PLUS[N/m/deg]	G-MINUS[N/m/deg]	G-MEAN[N/m/deg]	2HG-PLUS[N/m]	2HG-MINUS[N/m]	2HG-MEAN[N/m]	2HG5-PLUS[N/m]	2HG5-MINUS[N/m]	2HG5-MEAN[N/m]
U1	PRŮMĚR	0,72	0,66	0,70	1,23	1,34	1,28	2,40	2,41	2,40
U2	PRŮMĚR	1,19	1,08	1,14	1,87	1,95	1,91	3,76	3,47	3,62
U3	PRŮMĚR	3,58	2,95	3,27	6,99	6,24	6,61	10,19	9,00	9,60
U4	PRŮMĚR	2,44	2,31	2,37	5,43	5,60	5,52	6,71	6,55	6,63
U5	PRŮMĚR	2,18	2,01	2,09	3,52	3,61	3,57	5,74	5,48	5,61
U6	PRŮMĚR	1,52	1,41	1,46	2,29	2,44	2,36	4,57	4,63	4,60

Příloha 10: Subjektivní hodnocení mačkovosti nošením kalhot - fotodokumentace



Obrázek 7: Vyžehlené kalhoty před nošením



Obrázek 8: Kalhoty nošené 8 hodin zepředu



Obrázek 9: Kalhoty nošené 8 hodin zezadu



Obrázek 10: Kalhoty nošené 8 hodin pravý bok



Obrázek 11: Kalhoty nošené 8 hodin levý bok



Obrázek 12: Kalhoty oblečené během spánku (zepředu)



Obrázek 13: Kalhoty oblečené během spánku (zezadu)



Obrázek 14: Kalhoty oblečené během spánku (pravý bok)



Obrázek 15: Kalhoty oblečené během spánku (levý bok)